

Utilização do Modelo “LCA – IWM, Waste Prognostic Tool” na previsão da produção de resíduos sólidos urbanos para 2016: O Caso LIPOR

ANA LUÍSA CERQUEIRA TEIXEIRA

Projecto de Investigação submetido para satisfação parcial dos requisitos para
obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Orientador FEUP: Professora Belmira A.F. Neto

Orientador LIPOR: Engenheira Susana Lopes

JULHO 2009

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2008/2009

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440



feup@fe.up.pt



<http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente - 2008/2009*, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Aos meus Pais

AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com a colaboração de algumas pessoas, às quais queria expressar os meus agradecimentos, em especial:

- À Professora Engenheira Belmira A. F. Neto, como orientadora deste trabalho, pela sua disponibilidade ilimitada e por todo o apoio prestado relativamente ao esclarecimento de dúvidas e à concretização deste estudo.
- À Engenheira Susana Lopes da LIPOR, por toda a simpatia e disponibilidade que sempre demonstrou no apoio à recolha de dados fundamentais para a realização deste trabalho.
- Ao Engenheiro Peter Beigl, pela partilha de conhecimentos relativos ao software de previsão da produção de RSU.
- Aos meus Pais, ao meu Irmão, ao Lourenço e aos meus amigos, pelo apoio e incentivo na concretização deste trabalho.

RESUMO

O trabalho realizado, foi proposto no âmbito da unidade curricular Projecto de Investigação do 5º Ano do Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto no ano lectivo 2008/09, e refere-se à utilização do modelo “LCA-IWM Prognostic Tool” de modo a efectuar uma estimativa da produção de resíduos sólidos urbanos produzidos na área abrangida pelo Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto (LIPOR) para o ano de 2016.

O trabalho iniciou-se com a caracterização das quantidades de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) produzidos nos últimos anos (2005-2008). Esta caracterização abrangeu a produção total de RSU e por fluxos e também no tipo de tratamento final dado aos resíduos. Em seguida foram comparados os valores da caracterização da situação actual com os valores das metas estabelecidas na legislação em vigor. De modo a enquadrar a situação nacional no contexto europeu é apresentada a produção de RSU *per capita* para alguns países Europeus.

Em seguida recorreu-se ao modelo “*Life Cycle Assessment – Integrated Waste Managment, Waste Prognostic Tool*” para estimar a produção de RSU para 2016 para a zona de abrangência da LIPOR. Esta estimativa foi baseada, na caracterização da zona geográfica em estudo, na produção de RSU e em alguns indicadores sócio económicos para o ano base de 2006. Foram analisados cenários contemplando a variação das gamas de aplicabilidade das várias medidas de redução da produção de RSU, incluídas no modelo. Por fim, realizou-se uma análise de sensibilidade com o objectivo de quantificar o efeito na produção de RSU, da variação dos diferentes indicadores sócio económicos incluídos no modelo. A partir dos resultados obtidos foi possível estabelecer comparações com o definido pelas metas estabelecidas na legislação, bem como com os objectivos traçados pela LIPOR no seu plano estratégico para o período 2007-2016.

As principais conclusões retiradas deste trabalho são, a previsão de um aumento dos RSU de 11% em relação à situação actual, sendo que tal como actualmente os fluxos preponderantes são os resíduos orgânicos e o papel e cartão. É ainda possível concluir que para que até 2016 as taxas de recolha de materiais recicláveis sejam cumpridas é necessário que o Papel/Cartão aumente 50%, o Vidro 12% e o Plástico/Compósitos 72%, em relação à situação actual. Por outro lado, a deposição da fracção orgânica em aterro está neste momento controlada, registando valores inferiores aos limites fixados na legislação.

No que diz respeito aos factores sócio económicos com maior influência na produção dos RSU, verificou-se que o Produto Interno Bruto e as Taxas de Mortalidade Infantil, nacional e urbana, são os indicadores sócio económicos que mais fazem variar os valores da produção. Os resultados indicam que, quanto maior for o valor do PIB, maior será a produção de resíduos, aproximadamente um aumento de 60% em relação à *Projecção Base*, por outro lado, quanto maior for a TMI, menor será a produção de resíduos, aproximadamente uma diminuição de 40% em relação à *Projecção Base*.

Na análise efectuada concluiu-se ainda que a conjugação de várias medidas conduz a uma redução da produção de RSU. Contudo a medida que demonstrou ter, comparativamente, uma maior influência individualmente foi a *sensibilização*, uma vez que se reflecte nos hábitos de consumo das populações afectadas por esta medida, conseguindo ser mais abrangente e representando uma diminuição de cerca de 5% na produção total de RSU.

PALAVRAS-CHAVE: Previsão da Produção, Resíduos Sólidos Urbanos, LIPOR, *LCA-IWM Waste Prognostic Tool*.

ABSTRACT

This work was performed in the context of the subject Project / Research of the 5th Year of Integrated Master in Environmental Engineering of the Faculty of Engineering of the University of Porto in the 2008/09 school year, and refers to the use of the "LCA-IWM Prognostic Tool" to estimate the production of municipal waste produced in the area covered by the Waste Management System of Oporto (LIPOR) for the year 2016.

The work began with the characterization of the quantities of solid waste (MSW) produced in recent years (2005-2008). This characterization covered the total production of MSW, the flows and also the type of final treatment given to the waste. Then the values were compared with the values of the targets set out in legislation, to characterize the current situation. In order to fit the national situation in Europe the production of MSW per capita for some European countries was presented.

Then the model "Life Cycle Assessment - Integrated Waste Management, Waste Prognostic Tool" was used to estimate the production of MSW in 2016 for the coverage area of LIPOR. This estimation was based on the characterization of the area under study, the production of MSW and some socio economic indicators for the base year of 2006. There was a sensitivity analysis in order to quantify the effect of different socio economic indicators in the production of MSW. Finally some scenarios were analyzed including the variation of the ranges of applicability of various measures to reduce the production of MSW. From the results it was possible to draw comparisons with the established goals defined by the law and with the objectives set by LIPOR in its strategic plan for the period 2007-2016.

The main conclusions from this work are that the expected MSW production is going to increase 11% from the current situation, where the dominant flows are the organic waste and paper and cardboard. It is still possible to conclude that by 2016 the rate of collection of recyclable materials must rise 50% on paper/card, 12% on glass and 72% on plastics and composites to achieve the values on the legislation. On the other hand the deposition of the organic fraction in landfill is currently controlled, with values below the limits set in legislation.

With regard to socio economic factors with greater influence in the production of MSW, it was found that the Gross Domestic Product and Infant Mortality Rates, national and urban, are the socio economic indicators that influence more the production. The results indicate that the greater the value of GDP, the greater the waste, representing an increase of approximately 60% compared to the basis projection. On the other hand, the greater the IMR, the lower the waste, representing approximately a decrease of 40% compared to the basis projection.

In the analysis it was concluded that the combination of several measures lead to a reduction on the production of MSW. However, the awareness was the one, that individual, reflected the greater influence, decreasing about 5% of total MSW.

KEY-WORDS: estimate of Production, Municipal Solid Waste, LIPOR, *LCA-IWM Waste Prognostic Tool*.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	V
RESUMO	VII
ABSTRACT	IX
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJECTIVOS	3
1.2 ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO DA TESE	4
2 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM PORTUGAL E NA ZONA DE INFLUÊNCIA DA LIPOR	5
2.1 DESCRIÇÃO DOS FLUXOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	5
2.1.1 <i>A composição física dos resíduos sólidos urbanos Nacional</i>	6
2.2 A LIPOR	7
2.2.1 <i>As opções de gestão para os fluxos de Resíduos Sólidos Urbanos</i>	7
2.2.2 <i>Produção de Resíduos Sólidos Urbanos na zona de influência da LIPOR no período 2005-2008</i>	11
2.3 METAS DEFINIDAS PELA LEGISLAÇÃO NACIONAL PARA A PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	16
2.3.1 <i>A Directiva aterros (Decreto – Lei nº 152/2002)</i>	16
2.3.2 <i>A Directiva embalagens (Directiva 2004/12/CE transposta pelo Decreto – Lei nº 92/2006)</i>	16
2.3.3 <i>Legislação aplicável a Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos (REEE) (Decreto-Lei n.º 230/2004)</i>	17
2.3.4 <i>Plano Estratégico nacional para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU II) 2007-2016</i>	18
2.4 COMPARAÇÃO DA SITUAÇÃO ACTUAL COM AS METAS ESTABELECIDAS NA LEGISLAÇÃO E O DEFINIDO NO PLANO ESTRATÉGICO DA LIPOR	19
2.5 PRODUÇÃO E DESTINO FINAL DOS RSU NA EUROPA	22
3 ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA 2016	25
3.1 DESCRIÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO (LCA-IWM WASTE PROGNOSTIC TOOL)	26
3.1.1 <i>Descrição dos Indicadores Sócio Económicos usados no modelo (Waste Prognostic Tool)</i>	27
3.1.2 <i>Descrição dos fluxos Considerados no modelo (Waste Prognostic Tool)</i>	28
3.1.3 <i>Descrição das Medidas de Redução da Produção consideradas pelo modelo</i>	29
3.2 A INFORMAÇÃO USADA NA SIMULAÇÃO	29
3.3 RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO	33
3.3.1 <i>Estimativa de produção de RSU total e por tipo de fluxo</i>	33
3.3.2 <i>Estimativa da recolha selectiva para dois cenários distintos</i>	33
3.3.3 <i>Análise individual de medidas que promovem a redução da produção de RSU</i>	34
3.3.4 <i>Confrontação dos resultados obtidos na previsão base do modelo com cenários que incluem a combinação de medidas individuais de redução da produção de RSU e com o valor estimado pelo plano estratégico</i>	36
3.4 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	37
4 CONCLUSÕES	41
5 PERSPECTIVAS PARA TRABALHOS FUTUROS	43
BIBLIOGRAFIA	45

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR.....	45
ANEXOS	47
<i>Anexo A – Imagens do modelo “LCA - IWM Prognostic Tool”</i>	<i>49</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG. 1.1 - ZONA DE ABRANGÊNCIA DA LIPOR (SERVIÇO INTERMUNICIPALIZADO DE GESTÃO DE RESÍDUOS DO GRANDE PORTO), INCLUINDO OS OITO MUNICÍPIOS.....	1
FIG. 2.1 - COMPOSIÇÃO FÍSICA MÉDIA DOS RSU EM PORTUGAL NOS ANOS 2005 A 2007.	6
FIG. 2.2 – LINHA DE PRÉ-TRIAGEM DA LIPOR.....	8
FIG. 2.3 – INSTALAÇÃO DA CENTRAL DE VALORIZAÇÃO ORGÂNICA DA LIPOR.....	9
FIG. 2.4 – CENTRAL DE VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA DA LIPOR.....	10
FIG. 2.5 – ATERRO SANITÁRIO DA LIPOR.	11
FIG. 2.6 - PRODUÇÃO ANUAL DE RSU NA ZONA DE ABRANGÊNCIA DA LIPOR PARA O PERÍODO 2005 A 2008.	12
FIG. 2.7 - COMPOSIÇÃO DOS INDIFERENCIADOS RECOLHIDOS PELA LIPOR NOS ANOS DE 2006 E 2008.	13
FIG. 2.8 - RESÍDUOS TRIADOS E ENVIADOS PARA RECICLAGEM PELA CENTRAL DE TRIAGEM DA LIPOR.....	14
FIG. 2.9 - COMPOSTO ORGÂNICO PRODUZIDO NA UNIDADE PELA CENTRAL DE VALORIZAÇÃO ORGÂNICA (CVO) DA LIPOR.....	15
FIG. 2.10 - ENERGIA ELÉCTRICA PRODUZIDA CENTRAL DE VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA (CVE) DA LIPOR.....	15
FIG. 2.11 – QUANTIDADES DE RSU NO PERÍODO ENTRE 2006 E 2008. COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES PRODUZIDOS NA ÁREA DA LIPOR E OS VALORES ESTIMADOS NO PLANO ESTRATÉGICO DA LIPOR.	19
FIG. 2.12 – QUANTIDADE DE RESÍDUOS INDIFERENCIADOS NO PERÍODO ENTRE 2006 E 2008. COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES PRODUZIDOS NA ÁREA DA LIPOR E OS VALORES ESTIMADOS NO PLANO ESTRATÉGICO DA LIPOR.	21
FIG. 2.13 – QUANTIDADES DE RESÍDUOS RECICLÁVEIS PRESENTES NA FRACÇÃO DE INDIFERENCIADOS NO PERÍODO EM 2008. COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES PRODUZIDOS NA ÁREA DA LIPOR E OS VALORES ESTIMADOS NO PLANO ESTRATÉGICO DA LIPOR PARA O MESMO ANO.	21
FIG. 2.14 – PRODUÇÃO DE RSU PER CAPITA EM 30 PAÍSES EUROPEUS (ANO DE 2007).....	23
FIG. 3.1 – VARIAÇÃO DOS FLUXOS DE RESÍDUOS COM A APLICAÇÃO DAS MEDIDAS DE REDUÇÃO DA PRODUÇÃO.	36
FIG. 3.2 – PRODUÇÃO TOTAL DE RSU PARA 2016 PARA DIFERENTES CENÁRIOS, INCLUINDO A COMBINAÇÃO DAS MEDIDAS.	37
FIG. 3.3 – VARIAÇÃO DAS % POR FLUXO E DOS TOTAIS PRODUZIDOS PARA CADA INDICADOR, VALORES MÁXIMO E MÍNIMO, EM COMPARAÇÃO COM A PROECÇÃO BASE.....	38

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 2.1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MUNICÍPIOS ASSOCIADOS POR ÁREA E POPULAÇÃO	7
TABELA 2.2 - RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS RECEPCIONADOS PELA LIPOR ENTRE 2005 E 2008.	12
TABELA 2.3 – CATEGORIAS DE REEE E RESPECTIVOS VALORES DE VALORIZAÇÃO, REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM.	18
TABELA 2.4 - METAS ESTABELECIDAS PELO PERSU I E SITUAÇÃO VERIFICADA PARA O MESMO ANO.	19
TABELA 2.5 - PERCENTAGENS RECICLADAS PELA LIPOR PARA 2006 E 2008 PARA DIVERSOS TIPOS DE FLUXOS DE RSU. PARA COMPARAÇÃO A TABELA INCLUI AS TAXAS ESTIMADAS PELO PLANO ESTRATÉGICO DA LIPOR E AS TAXAS LIMITE IMPOSTAS PARA RECICLAGEM PELA LEGISLAÇÃO PARA 2011 (METAS 2011 – DIRECTIVA EMBALAGENS)	20
TABELA 3.1 – INDICADORES CONSIDERADOS NO MODELO.....	27
TABELA 3.2 – TIPOLOGIA DE RESÍDUOS CONSIDERADOS NA FERRAMENTA <i>WASTE PROGNOSTIC TOOL</i>	28
TABELA 3.3 – MEDIDAS DE REDUÇÃO DA PRODUÇÃO.	29
TABELA 3.4 – CARACTERIZAÇÃO DA ZONA GEOGRÁFICA E IDENTIFICAÇÃO DO ANO BASE E ANO PARA O QUAL SE PRETENDE A ESTIMATIVA.	29
TABELA 3.5 – QUANTIDADES DE RSU POR TIPO DE FLUXOS RECEPCIONADOS NA LIPOR EM 2006.....	30
TABELA 3.6 – COMPOSIÇÃO RESÍDUOS INDIFERENCIADOS NA ZONA EM ESTUDO EM 2006.....	30
TABELA 3.7 – INDICADORES SÓCIO ECONÓMICOS PARA 2006 E 2016.	31
TABELA 3.8 – TAXAS DE RECOLHA SELECTIVA EM 2006 E PREVISÃO PARA 2016 PARA A ZONA DE ABRANGÊNCIA DA LIPOR.	32
TABELA 3.9 – MEDIDAS DA REDUÇÃO DA PRODUÇÃO AVALIADAS.....	32
TABELA 3.10 – RESULTADOS DO MODELO REPRESENTANDO A ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE RSU TOTAL E POR TIPO DE FLUXO DE PARA O ANO DE 2016.	33
TABELA 3.11 – RESULTADOS DO MODELO REPRESENTANDO A ESTIMATIVA DA RECOLHA SELECTIVA EM 2016 PARA DOIS CENÁRIOS DISTINTOS.	34
TABELA 3.12 – MEDIDAS DE REDUÇÃO DE PRODUÇÃO DE RSU, TAXAS DE E APLICAÇÃO DE CADA MEDIDA E FLUXOS AFECTADOS POR CADA UMA.	35
TABELA 3.13 – VALORES DOS INDICADORES SÓCIO ECONÓMICOS PARA 2016 CONSIDERADOS NA ANÁLISE. OS VALORES INCLUEM O VALOR MÍNIMO E O MÁXIMO PERMITIDOS PELO MODELO PARA A ÁREA EM ESTUDO, GRANDE PORTO E PARA PORTUGAL.....	38

ABREVIATURAS

CVE – Central Valorização Energética

CVO – Central Valorização Orgânica

PERSU – Plano Estratégico dos Resíduos Sólidos Urbanos

PIB – Produto Interno Bruto

REEE – Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

TMI – Taxa Mortalidade Infantil

1

INTRODUÇÃO

A nível nacional, a produção de resíduos sólidos urbanos (RSU) tem sido crescente, reflexo dos hábitos de consumo praticados, bem como da relação directa com a economia do país [1]. Existem algumas entidades responsáveis pela gestão dos resíduos sólidos urbanos a nível nacional. A LIPOR, Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto, é a entidade responsável pela gestão, valorização e tratamento dos resíduos sólidos urbanos produzidos por alguns municípios nacionais como, Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa de Varzim, Valongo e Vila do Conde, ver Fig. 1.1. Apesar do conjunto destes municípios representar apenas 0,7% da área do território de Portugal Continental, esta região (Grande Porto) concentra cerca de 10% da população nacional e é responsável pela produção anual de aproximadamente 10% do total de RSU [2]. Actualmente nesta região a produção anual de resíduos é de cerca 515.000 toneladas/ano. A produção de RSU tem tido um crescimento pouco acentuado desde 2004, resultado de acções e actividades de prevenção da produção de resíduos, desenvolvidas para esta região [2].

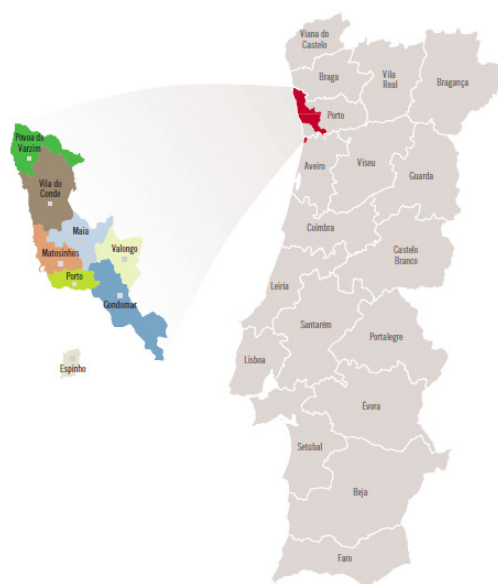


Fig. 1.1 - Zona de abrangência da LIPOR (Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto), incluindo os oito municípios.

A análise da evolução da produção de RSU é fundamental para que sejam definidas opções estratégicas por parte das entidades responsáveis pela gestão destes sistemas. A gestão destes sistemas requer informação actualizada no que respeita à caracterização da tipologia dos fluxos individuais de RSU. Esta informação permite desenvolver um plano que descreva a situação actual e as medidas necessárias a uma gestão de resíduos sustentável. As entidades nacionais responsáveis pela gestão destes sistemas elaboram, por imposição legal, um Plano Estratégico, que inclui estimativas de produção de RSU para os anos seguintes. Esta obrigatoriedade é imposta pelo PERSU II (Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos). Estes podem contudo ser revistos em qualquer altura pela instituição, sendo alvos de avaliações pontuais durante o período em análise. O Plano Estratégico da LIPOR apresenta uma estimativa de produção de RSU entre 2007 e 2016 na zona de abrangência da LIPOR baseada na informação de produção actual e, relativa a dados de anos anteriores, para os vários fluxos de resíduos produzidos no âmbito LIPOR. São aqui consideradas também iniciativas tomadas ou a desenvolver num futuro próximo e ainda, compromissos decorrentes de imposições legais, como as metas para reciclagem de embalagens, as metas da Sociedade Ponto Verde, da Directiva Aterros, do PERSU II ou outras vigentes.

O PERSU II inclui as actividades de gestão de resíduos desempenhadas e a informação quantitativa relativa à produção total de RSU e produção por fluxos, tendo em conta a sua origem e o seu destino final. Com base no citado realça-se que a análise visa fornecer informação relevante para uma gestão adequada dos vários tipos de fluxos de resíduos para um horizonte temporal mais alargado.

A quantidade de RSU produzidos é a informação de base para cada sistema de gestão de resíduos, e a sua produção está fortemente associada com as condições socioeconómicas da população. A previsão da evolução da produção deste tipo de resíduos é muito importante para o planeamento da sua gestão, no entanto, constata-se que as previsões correntemente realizadas consideram na análise apenas indicadores associados com o número de habitantes de uma determinada região e as previsões do seu crescimento [3]. Esta análise simplificada não considera outros factores associados a aspectos sociais e económicos da população abrangida por um sistema de gestão de RSU e, estas simplificações podem resultar em estimativas de previsão incertas que induzem a erros que podem apresentar valores de aproximadamente 100Kg/cap/ano. Este valor é o apontado por alguns autores para cálculos realizados para horizontes temporais de 3 anos [3]. Apesar de os modelos de estimativa de produção não prevenirem totalmente as estimativas previsionais o facto de se considerar na análise factores sociais e económicos poderá ser uma mais-valia na obtenção de estimativas mais realistas [4]. Este facto é consubstanciado pelo facto do histórico passado revisto resultar em gastos excessivos em instalações de tratamento desajustadas [3]. Assim, para o caso da estimativa de produção de RSU, o recurso a um modelo que considere para além do número de habitantes e perspectivas de crescimento populacional, outros factores sociais e económicos com importância na produção de RSU (como por exemplo, o tamanho do agregado familiar, a população activa, entre outros) é uma mais-valia para uma gestão integrada dos RSU por parte dos órgãos responsáveis pela gestão dos resíduos sólidos urbanos.

Em seguida são referidas sumariamente as características dos modelos de previsão desenvolvidos por alguns autores. A modelização dinâmica é um dos métodos utilizados em várias áreas do ambiente e tem sido utilizada para praticamente todo o tipo de sistemas. No que diz respeito aos resíduos sólidos, em 1993 foi explorada por *Mashayekhi* uma dinâmica para analisar a transição dos resíduos no sistema, como auxílio à gestão dos mesmos. Mais tarde, *Sudhir* desenvolveu um modelo que tinha em conta as interacções entre os vários componentes dos RSU no sistema de gestão. Alguns anos depois foi desenvolvida por *Karavezyris* uma metodologia que permite avaliar variáveis como, por exemplo, a reciclagem voluntária, e permite uma avaliação de várias alternativas de sustentabilidade. Este tipo

de modelo fornece uma plataforma para avaliar várias alternativas e políticas para uma gestão sustentável dos resíduos sólidos. Contudo este tipo de modelo não considera factores socioeconómicos na análise [5].

Sabendo que a simulação da produção de RSU pode ser influenciada por factores como o crescimento populacional, os rendimentos familiares, o número de pessoas constituintes dos agregados, bem como pelas actividades económicas, em alguns estudos são desenvolvidos modelos que incluem este tipo de informação.

Devido à grande heterogeneidade de fluxos dos RSU e a sua grande diversidade de formas, a identificação dos parâmetros é um problema complexo. Em 2003 um estudo revisto refere que a produção de resíduos deve ser avaliada segundo a produção, comércio e consumo dos produtos relacionados com fluxos específicos de resíduos e que se deve focalizar nos processos de produção de resíduos, como por exemplo, os rendimentos das famílias ou tipos de habitação. O modelo desenvolvido foi projectado para utilização repetida na avaliação dos futuros fluxos de RSU de grandes cidades europeias [4]. Uma das mais-valias deste estudo é a de que este último permite estimativas de previsão por recurso a um modelo, que faz uso de quantidades e tipo de fluxos de RSU produzidos e de indicadores sociais e económicos característicos do país e zona geográfica em análise. Este modelo portanto incide em aspectos mais associados com a produção por alternativa aos aspectos relacionados com as formas de gestão dos RSU. O modelo foi desenvolvido no âmbito de um estudo em que o objectivo é o de estimar a produção de resíduos sólidos urbanos em centros urbanos de algumas cidades europeias, (como, por exemplo, Reus (Espanha), Kaunas (Lituânia), Wrocław (Polónia), Nitra (Eslováquia) e Xanthi (Grécia) para o ano de 2015) [3].

O trabalho aqui apresentado recorre ao modelo citado, *LCA-IWM Waste Prognostic Tool, Life Cycle Assessment – Integrated Waste Management Waste Prognostic Tool*, de modo a estimar a situação para a região nacional em foco nesta tese.

1.1 OBJECTIVOS

O objectivo deste estudo inclui em primeiro lugar a caracterização da produção de resíduos sólidos urbanos para o período 2005-2008 gerados na área metropolitana do Porto de abrangência da LIPOR (incluindo oito municípios: Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa de Varzim, Valongo e Vila do Conde). A caracterização visa uma quantificação dos fluxos por tipologia de resíduo, incluindo, especificamente, os resíduos do tipo papel e cartão, embalagens de plástico e metal, outros plásticos, vidro, resíduos indiferenciados (depositados em aterro ou tratados na central de valorização energética) e os resíduos orgânicos. Por fim serão comparadas as quantidades totais de resíduos produzidos a nível nacional com a realidade europeia.

Em seguida será efectuada uma previsão da evolução da produção de RSU para a mesma zona de influência da LIPOR, recorrendo ao uso de um modelo de simulação que permite efectuar previsões da produção de resíduos sólidos urbanos em cidades europeias. O modelo utilizado é designado por *LCA-IWM Waste Prognostic Tool*, desenvolvido para ser utilizado como ferramenta para a gestão integrada de resíduos sólidos urbanos [3]. O modelo é utilizado para estimar a produção de resíduos sólidos urbanos para 2016, tendo como ano base o ano de 2006. Serão confrontadas as estimativas de previsão das quantidades de RSU produzidas com as metas definidas na legislação para alguns fluxos de RSU e com as previsões registadas no plano estratégico da LIPOR. É ainda realizada uma comparação de cenários, que avalia o efeito de determinadas medidas de redução da produção, na produção de RSU. Por fim é feita uma análise de sensibilidade aos factores sócio económicos presentes no modelo.

1.2 ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO DA TESE

Este primeiro capítulo, (Introdução), faz uma abordagem geral ao tema da tese, enquadrando e apresentando o projecto. Aqui é descrito resumidamente o problema, são apresentados os objectivos e são sintetizados os conteúdos dos capítulos da tese.

O capítulo 2 foca a caracterização da produção de resíduos sólidos urbanos (RSU) para o período 2005-2008 gerados na área metropolitana do Porto de abrangência da LIPOR (incluindo os municípios de Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa de Varzim, Valongo e Vila do Conde), fazendo ainda comparações com os valores europeus para os mesmos anos e o definido no Plano Estratégico da LIPOR.

No capítulo 3 é realizada uma estimativa da produção de RSU para 2016 com base nos valores registados em 2006. Neste capítulo é apresentado o modelo, *LCA-IWM Prognostic Tool*, o seu funcionamento e as variáveis utilizadas na simulação. São apresentados os resultados para o ano 2016 na zona de abrangência da LIPOR, no que diz respeito a produção total de RSU e por fluxos, bem como para as taxas de recolha selectiva definidas. Ainda, neste capítulo é efectuada a comparação de cenários, que inclui a análise do efeito de várias medidas de redução da produção de RSU para o ano de 2016. Por último neste capítulo é apresentada uma análise de sensibilidade efectuada com o objectivo de compreender o modo de variação dos diferentes indicadores sócio económicos nos quais o modelo se baseia e o seu efeito na produção de RSU.

No capítulo 4 são delineadas as conclusões do trabalho, em relação à estimativa de produção de RSU e são identificadas as limitações da análise. Por último, no capítulo 5 são apresentadas algumas perspectivas para trabalhos futuros.

2

CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM PORTUGAL E NA ZONA DE INFLUÊNCIA DA LIPOR

Os resíduos sólidos urbanos são, por definição, os resíduos domésticos. No entanto, poderão aqui ser considerados os resíduos de natureza ou composição similar, provenientes do sector de serviços ou de estabelecimentos comerciais ou industriais e de unidades prestadoras de cuidados de saúde. Em qualquer dos casos, a produção diária não pode exceder os 1100 litros por produtor [6].

Neste capítulo é, em primeiro lugar, são descritos os fluxos de resíduos considerados neste estudo, nomeadamente, papel e cartão, embalagens de plástico e metal, outros plásticos, vidro, resíduos indiferenciados (depositados em aterro ou tratados na central de valorização energética), resíduos orgânicos e resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos. De seguida é caracterizada a LIPOR no que respeita à produção de resíduos sólidos urbanos (RSU), bem como às opções disponíveis para a sua valorização. Seguidamente, neste capítulo é quantificada a produção de RSU na zona de influência da LIPOR no período 2005-2008 e são apresentadas as metas da legislação nacional para a produção de RSU. É portanto comparada a situação actual com as metas estabelecidas na legislação. Finalmente, são apresentados os valores de produção de RSU actuais na Europa e realizada uma breve comparação com a produção na zona de influência em foco nesta tese.

2.1 DESCRIÇÃO DOS FLUXOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

As características de uma determinada massa de resíduos, são especificadas identificando as fracções presentes através da sua composição física, o peso associado a cada uma delas, incluindo também a identificação das opções de gestão a que são submetidas.

Os tipos de resíduos sólidos urbanos que serão abordados neste estudo estão divididos em vários fluxos, nomeadamente, resíduos orgânicos, papel e cartão, embalagens de plástico e metal, outros plásticos, vidro e os resíduos indiferenciados (depositados em aterro ou tratados na central de valorização energética).

2.1.1 A COMPOSIÇÃO FÍSICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NACIONAL

A composição física dos resíduos sólidos urbanos depende de vários factores que podem influenciar a composição e quantidade de RSU produzidos. As características do aglomerado podem influenciar a composição dos resíduos que variam consoante a actividade predominante (caso de zona residencial ou de serviços, ou se urbana, rural ou industrial), o clima e a estação do ano e, o nível de vida das populações (a composição dos resíduos varia consoante a classe social predominante na zona, além de depender das actividades aí exercidas). Paralelamente e, em particular para o território nacional, podem ainda identificar-se diferenças na composição dos RSU entre o litoral e o interior do país: como exemplo, refere-se a percentagem de papel/cartão produzida é superior no litoral, devendo-se essencialmente ao nível de literacia da população que é maior no litoral.

A composição física típica dos resíduos sólidos urbanos inclui como principais tipos de materiais os seguintes: os resíduos orgânicos, o papel e cartão, o plástico, o vidro, os metais ferrosos e não ferrosos, os têxteis, a madeira, os combustíveis não especificados, os incombustíveis não especificados, os resíduos domésticos especiais e os finos.

Em Portugal a composição física média típica dos resíduos sólidos urbanos obedece à descrição acima referida, contudo os seus componentes principais encontram-se na Fig. 2.1 [6]. Conclui-se que cerca de 50% dos RSU nacionais são constituídos por papel e cartão e matéria orgânica, sendo a madeira, têxteis e metais os que se apresentam em menor quantidade.

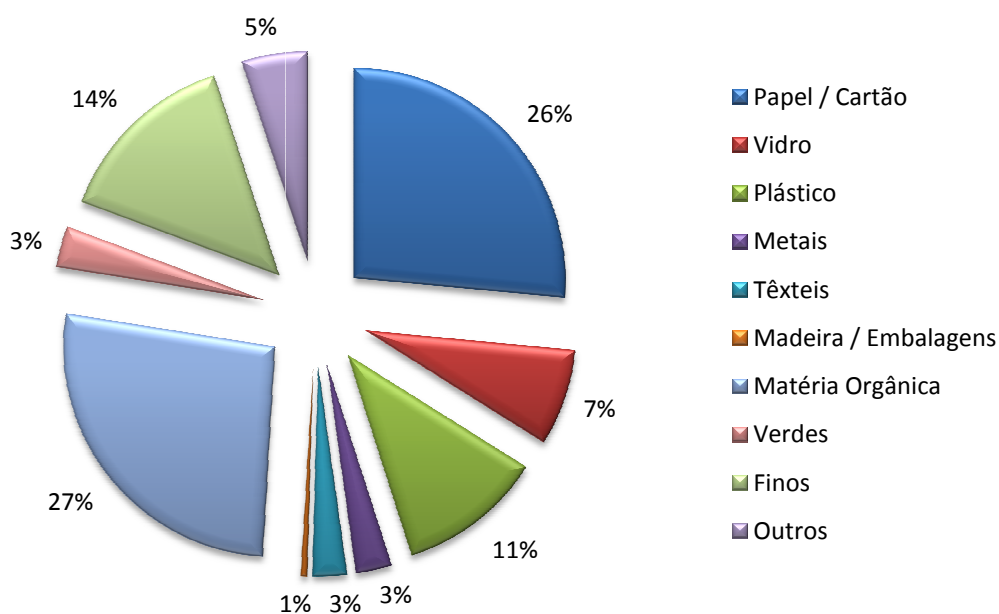


Fig. 2.1 - Composição física média dos RSU em Portugal nos anos 2005 a 2007.

2.2 A LIPOR

O Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto, abreviado por LIPOR é a entidade responsável pela gestão, valorização e tratamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) produzidos por oito municípios associados que incluem: Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa de Varzim, Valongo e Vila do Conde. Actualmente a área de actuação da LIPOR corresponde a uma área total de 648 Km², ocupada por uma população próxima de 1 milhão de habitantes. A LIPOR foi constituída como Associação de Municípios em 1982 e desde essa altura tem vindo a implementar uma gestão integrada de resíduos, recuperando, ampliando e construindo infra-estruturas destinadas a valorizar os resíduos por ela recebidos. A Associação possui também um papel social promovendo campanhas de sensibilização regulares junto da população do grande Porto.

A LIPOR trata anualmente cerca de 500 mil toneladas de resíduos sólidos produzidos por cerca de 1 milhão de habitantes (ver Tabela 2.1). A Tabela 2.1 inclui ainda informação detalhada por município no que diz respeito à área e número de habitantes concluindo-se que o município com maior área é o de Vila do Conde, não sendo porem o que possui maior número de habitantes, cabendo esse lugar ao município do Porto [2].

Tabela 2.1 - Características físicas dos Municípios associados por área e população

Município	Área (Km ²)	População (nº habitantes)
Espinho	23	31.202
Gondomar	137	170.621
Maia	83	133.048
Matosinhos	62	168.937
Porto	42	233.465
Póvoa de Varzim	86	65.882
Valongo	68	92.819
Vila do Conde	147	76.427
Total	648	972.301

2.2.1 AS OPÇÕES DE GESTÃO PARA OS FLUXOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A gestão de RSU é realizada tendo por base recomendações legais e visa alcançar os objectivos propostos. A gestão de um sistema integrado de resíduos sólidos urbanos tem como objectivos gerais uma adequada recolha, transporte, tratamento e valorização e destino final dos resíduos, de modo a garantir a qualidade do ambiente e das populações. As opções de gestão seguem uma hierarquia de prioridades onde a prevenção será um dos primeiros objectivos, seguindo-se a reutilização, reciclagem, valorização energética e orgânica e finalmente o confinamento técnico.

A *prevenção* está directamente ligada à *redução*, à *reutilização* e à *reciclagem*, que são três pilares das opções de gestão, sendo muito visados pelas entidades responsáveis pela gestão de RSU, pois dependem muito dos comportamentos dos cidadãos e de todas as iniciativas promovidas junto destes. A redução da quantidade de resíduos produzidos e de formação sobre o procedimento de separação para reutilizar e reciclar, são claramente medidas na gestão dos RSU que devem ser encaradas como prioritárias.

Relativamente à *valorização*, esta pode ser *orgânica, energética e/ou multimaterial*, com a produção de um composto, que é utilizável como correctivo de solos, a produção de energia eléctrica e /ou a reciclagem de embalagens.

Por último, o *confinamento técnico*, que se destina aos resíduos que não podem ser valorizados em nenhuma das alternativas anteriores e também às cinzas e escórias provenientes das centrais de valorização energética.

A LIPOR possui todas estas opções, dando grande importância à valorização, quer orgânica, quer energética. Estas opções são de seguida detalhadas, sendo possível entender-se o seu funcionamento.

VALORIZAÇÃO MULTIMATERIAL

A valorização multimaterial é efectuada no Centro de Triagem da LIPOR, que recebe resíduos recicláveis provenientes do sistema de recolha selectiva da LIPOR, que dispõe de ecopontos, recolha porta a porta e ecocentros, e ainda de circuitos especiais de recolha da que incluem empresas, estabelecimentos comerciais e de serviços.

O Centro de Triagem é a infra-estrutura de suporte da Reciclagem Multimaterial e tem capacidade para processar 35.000 toneladas de materiais por ano. Esta infra-estrutura ocupa uma nave coberta de 4.000 m² e está equipada com duas linhas de triagem:

- ✓ Linha de Produtos Planos (papel e cartão), com duas mesas de triagem deslizante;
- ✓ Linha de Produtos Volumosos (embalagens plásticas, metálicas e embalagens para líquidos alimentares), com duas mesas de triagem sequencial. Possui, ainda, uma linha de enfardamento equipada com uma prensa automática de alta capacidade.

A actividade desenvolvida no Centro de Triagem da LIPOR é realizada em infra-estruturas de apoio que incluem uma unidade de Pré-Triagem e uma Plataforma de Triagem.

A utilização de uma Pré-Triagem na linha dos produtos volumosos (ver Fig. 2.2) surgiu associada à qualidade dos materiais recebidos. Estes possuem geralmente contaminantes que podem prejudicar consideravelmente os tempos de operação. A instalação da Pré-Triagem é então considerada como uma primeira medida que visa aumentar a capacidade do Centro de Triagem.



Fig. 2.2 – Linha de Pré-Triagem da LIPOR.

Por sua vez a Plataforma de Triagem é dedicada a operações de triagem de materiais de grande dimensão ou de materiais que pela sua natureza não podem ser encaminhados para o Centro de Triagem. Os principais materiais tratados na Plataforma de Triagem são os plásticos, as sucatas, o vidro, os

monstros não metálicos, as pilhas, as baterias, as lâmpadas fluorescentes e a madeira, sendo a grande maioria provenientes dos ecocentros.

VALORIZAÇÃO ORGÂNICA

A Valorização Orgânica, realizada pela Compostagem, tem sido uma das principais componentes da política de gestão integrada de resíduos sólidos na LIPOR, assegurando-se assim o aproveitamento dos resíduos biodegradáveis para produção de um correctivo orgânico natural (composto). Representa uma prioridade no que diz respeito ao cumprimento do estabelecido na Directiva “Aterros”, uma vez que visa reduzir substancialmente a quantidade de matéria orgânica depositada em aterro.

O processo de compostagem pode ser definido como um conjunto de acções controladas, desenvolvidas por microrganismos na presença de oxigénio, que actuam sobre as características físicas e químicas dos RSU. Em geral, realiza-se em três fases, incluindo: Pré-processamento (tratamento mecânico), Fermentação (tratamento biológico) e Maturação (Pós-processamento, seguido de afinação) [6].

Na LIPOR o processo de degradação microbiológica natural dá-se em condições aeróbias optimizadas e controladas. O processo de degradação é muito rápido e ocorre num bioreactor controlado onde todo o processo é intensamente controlado. O processo de compostagem decorre em duas fases consecutivas, totalizando cerca de 30 dias, após os quais, o produto acabado segue para maturação onde permanece entre 2 a 6 semanas. A valorização orgânica, na LIPOR, ocorre numa instalação de compostagem com capacidade para tratar 60.000 ton/ano de resíduos orgânicos (ver Fig. 2.3). Os resíduos orgânicos têm origem em circuitos de remoção da fracção orgânica implementados junto de grandes produtores (restauração, grandes superfícies, mercados, feiras, cooperativas agrícolas), nas zonas de recolha selectiva porta-a-porta (remoção da fracção orgânica dos resíduos domésticos) e diferentes esquemas de recolha selectiva de resíduos verdes, complementada por iniciativas locais de compostagem caseira.

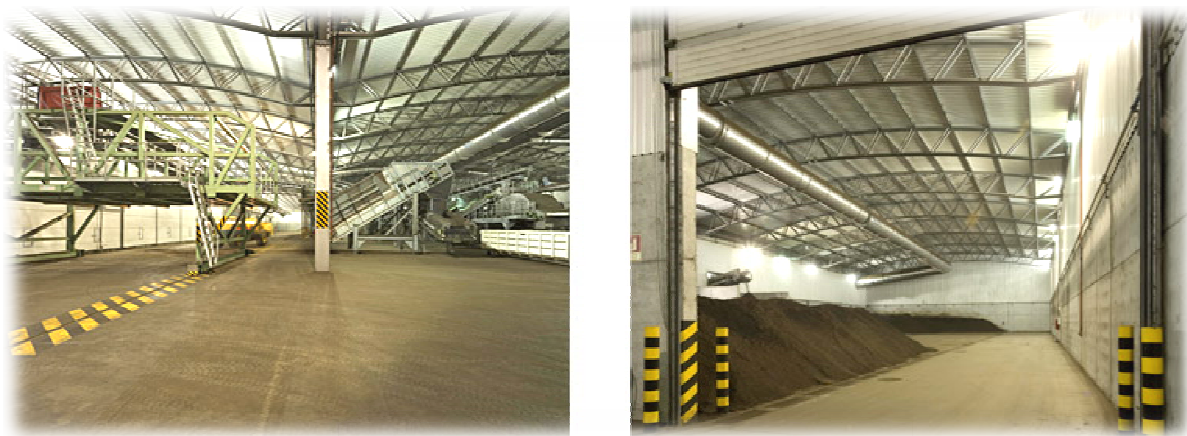


Fig. 2.3 – Instalação da Central de Valorização Orgânica da LIPOR.

VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA

Apesar de todos os esforços para a sua valorização, alguns resíduos não são aproveitados pela reciclagem ou pela compostagem. Neste caso, estes materiais são encaminhados para a Central de Valorização Energética (CVE), onde são incinerados e a energia libertada é aproveitada para produção de energia eléctrica (ver Fig. 2.4).

A Central de Valorização Energética da LIPOR, situada na Maia, possui duas linhas de tratamento praticamente automáticas que funcionam em operação contínua. A Central trata cerca de 1000 toneladas de resíduos por dia, produzindo 25MWH de energia eléctrica, que é suficiente para abastecer um aglomerado populacional de 150 mil habitantes.

Os resíduos chegam à Central provenientes dos vários circuitos camarários dos Municípios que constituem a LIPOR e são armazenados numa fossa de recepção com capacidade para seis dias da produção corrente actual. A deposição dos resíduos que chegam à central ocorre no interior de um edifício fechado, mantido em depressão para evitar a propagação de odores, sendo os resíduos posteriormente transferidos pela acção de um pólopo de garras para as duas linhas de tratamento onde são incinerados a temperaturas elevadas (1000° C a 1200° C) na presença de excesso de oxigénio.



Fig. 2.4 – Central de Valorização Energética da LIPOR.

CONFINAMENTO TÉCNICO

O Confinamento Técnico é a última alternativa existente para o sistema global de gestão, tratamento e valorização de resíduos. O local de deposição de resíduos, ou Aterro Sanitário, é uma infra-estrutura imprescindível para fechar o ciclo de uma gestão integrada. A redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos são objectivos prioritários das modernas políticas de gestão de resíduos, contudo, no final do esforço para cumprir estes objectivos há que dar destino aos resíduos que não podem ser valorizados através da reciclagem multimaterial e da valorização orgânica ou energética.

O Aterro Sanitário da Maia, (Fig. 2.5), anexo à Central de Valorização Energética da LIPOR, entrou em operação em Junho de 2001, tem uma área útil de 6,3 hectares e uma capacidade útil de deposição de 520.000 m³. Este aterro destina-se a receber os subprodutos, resultantes do processo de tratamento térmico, as cinzas, após processo de inertização, e as escórias, e ainda os resíduos em bruto, provenientes de momentos de impossibilidade de tratamento em qualquer um dos pólos de tratamento implementados no Sistema LIPOR.



Fig. 2.5 – Aterro sanitário da LIPOR.

2.2.2 PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA ZONA DE INFLUÊNCIA DA LIPOR NO PERÍODO 2005-2008.

A dinâmica nacional de associação entre municípios, com início em 1997 deu origem à criação de Sistemas Multimunicipais e Intermunicipais. Actualmente existem 29 Sistemas de Gestão de RSU cobrindo a totalidade do território continental, sendo 15 Multimunicipais e 14 Intermunicipais. Cada um destes Sistemas possui infra-estruturas para assegurar um destino final adequado para os RSU produzidos na área respectiva. Este é o que se verifica para o Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto – LIPOR. De seguida são quantificados a produção, os fluxos e as opções de tratamento de fim de vida para os RSU efectuados pela LIPOR.

A PRODUÇÃO DE RSU

A produção de resíduos urbanos na área de influência da LIPOR ronda actualmente as 500 mil toneladas anuais, o correspondente à produção de cerca de 500 kg/ habitante/ ano e à produção diária de 1,40 kg de resíduos per capita. A Fig. 2.6 apresenta a evolução da produção total de RSU na zona da LIPOR para o período (2005-2008), podendo concluir-se que a produção de RSU tem aumentado ligeiramente nos últimos quatro anos (cerca 1% em relação 2005) [7].

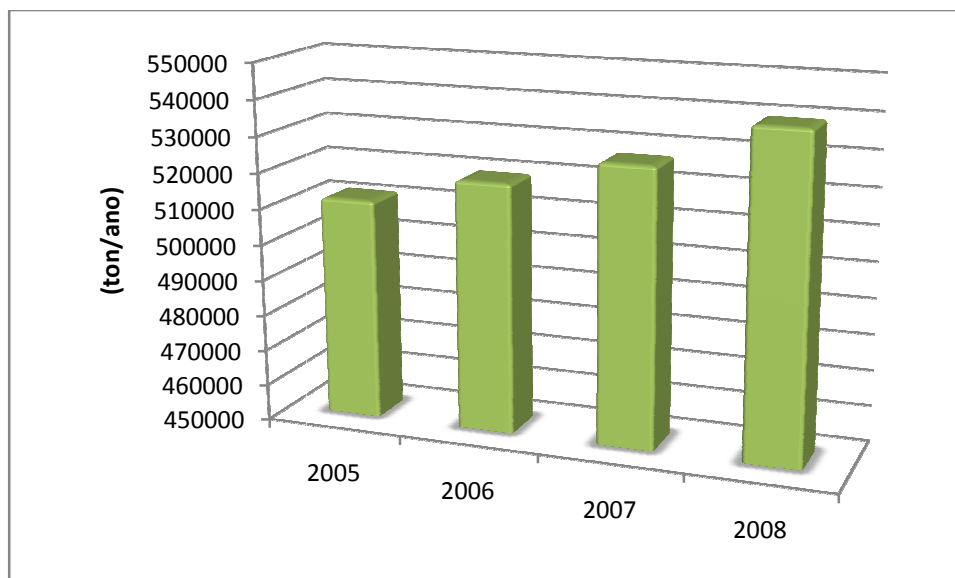


Fig. 2.6 - Produção anual de RSU na zona de abrangência da LIPOR para o período 2005 a 2008.

OS FLUXOS DE RSU

A informação sobre a evolução dos oito fluxos de resíduos em análise na tese, no que respeita aos resíduos recepcionados na LIPOR é apresentada na Tabela 2.2 [7].

Tabela 2.2 - Resíduos sólidos urbanos recepcionados pela LIPOR entre 2005 e 2008.

Tipologia dos Fluxos de Resíduos Sólidos urbanos RSU (ton/ano)	2005	2006	2007	2008
Resíduos orgânicos	*n.d	10045	15433	16942
Papel /Cartão	15416	17310	18953	21052
Embalagens Plástico e Metal	3862	4555	5434	6657
Outros plásticos	1743	1909	1849	2206
Vidro	15427	16529	17422	18871
Indiferenciados enviados para Central de Valorização Energética	390978	362471	419389	383553
Indiferenciados enviados para o Aterro Sanitário	50191	83465	27185	63308
REEE	*n.d	*n.d	630	920
Total	477617	496284	506295	513509

*n.d. - Informação não disponível

É possível concluir que, para o período em análise, ocorreu um aumento da maior parte dos fluxos recepcionados pela LIPOR. Dentre destes seis tipos de RSU para os quais ocorreu um aumento (Orgânicos, Papel/Cartão, Plástico/Metal, Vidro, Indiferenciados e REEE), constata-se que as embalagens de plástico e metal apresentam o maior aumento, de 1.7 vezes para o período analisado.

Outros resíduos são excepções. A recepção de indiferenciados apresenta uma variação no período em análise. Estes resíduos são enviados para a Central de Valorização Energética ou para o Aterro Sanitário. A CVE faz duas grandes paragens por ano e outras mais reduzidas ocasionalmente. Dependendo das paragens a quantidade de resíduos enviados para a CVE diminui e os enviados para o Aterro Sanitário aumentam. No entanto, a quantidade de indiferenciados, enviados para a Central de Valorização Energética ou para o Aterro Sanitário ainda representam uma fatia substancial da recolha efectuada. Correspondem, respectivamente, a 74% e 12% do total de RSU. Constata-se que estes, podem de facto ser sujeitos a outro tratamento de fim de vida que não a deposição em Aterro ou a incineração na Central de Valorização Energética.

Sendo a fracção indiferenciada uma parte muito significativa é importante saber o que a constitui. A composição dos resíduos indiferenciados, para os anos de 2006 e 2008 encontra-se na Fig. 2.7. Estes valores foram obtidos através dos relatórios das Campanhas de Caracterização realizadas pela LIPOR [8].

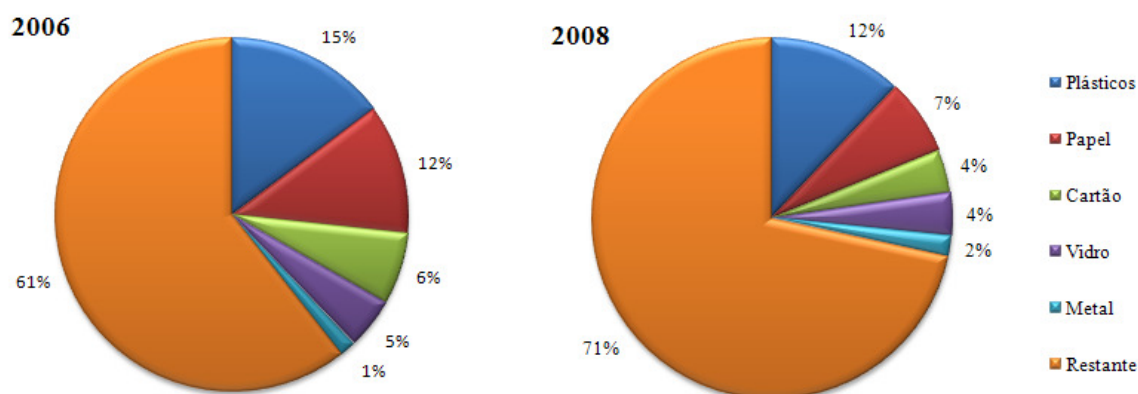


Fig. 2.7 - Composição dos indiferenciados recolhidos pela LIPOR nos anos de 2006 e 2008.

Os resíduos designados por “Restante” incluem resíduos putrescíveis, têxteis, combustíveis não especificados, incombustíveis não especificados, resíduos domésticos especiais e elementos finos.

É possível concluir que a flutuação verificada para a quantidade de indiferenciados registada é normalmente devida a uma diminuição da quantidade de alguns resíduos recicláveis presentes nos indiferenciados, como por exemplo, plásticos, papel, cartão, vidro e metal. Será de assinalar a importância deste factor face à necessidade de cumprimento das metas nacionais estabelecidas para a reciclagem destes materiais.

O TRATAMENTO DE FIM DE VIDA DOS RSU

Como referido anteriormente os resíduos recebidos na LIPOR podem ser sujeitos à valorização multimaterial (triagem com vista a posterior reciclagem) à valorização orgânica, valorização energética ou confinamento técnico.

A valorização multimaterial realiza-se na Central de Triagem. Os cinco fluxos de resíduos separados nesta instalação são apresentados na Fig. 2.8. Com excepção do metal, uma vez que a sua maior separação é feita na CVE, por electroímãs, verifica-se que todos os outros fluxos têm aumentado as suas quantidades nas entradas da Central [7].

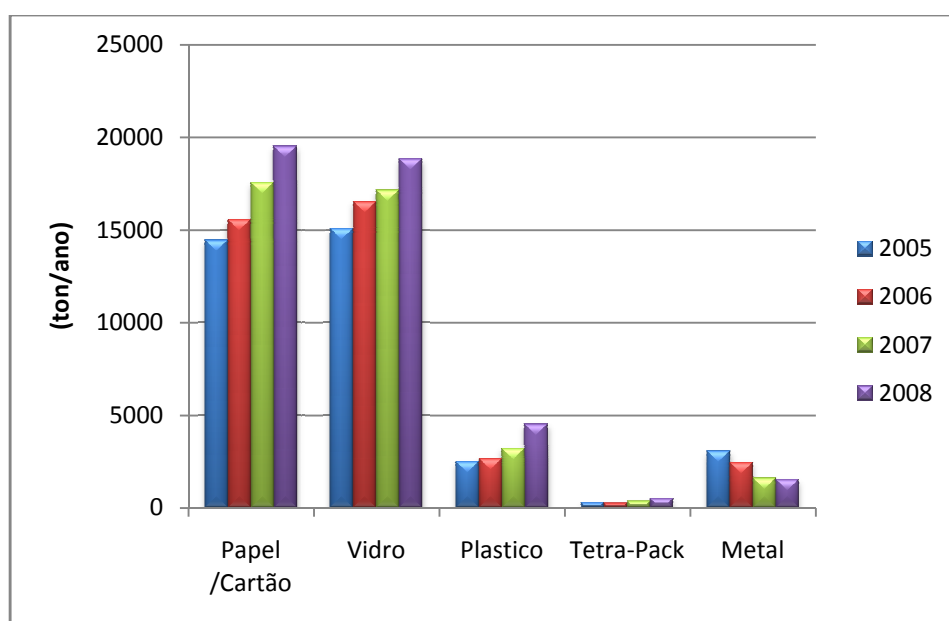


Fig. 2.8 - Resíduos triados e enviados para reciclagem pela Central de Triagem da LIPOR.

A valorização orgânica visa a produção de composto orgânico é a realizada na Central de Valorização Orgânica (CVO) da LIPOR. Conclui-se que existe um aumento significativo da produção de composto paara os últimos 4 anos (Fig. 2.9) [7].

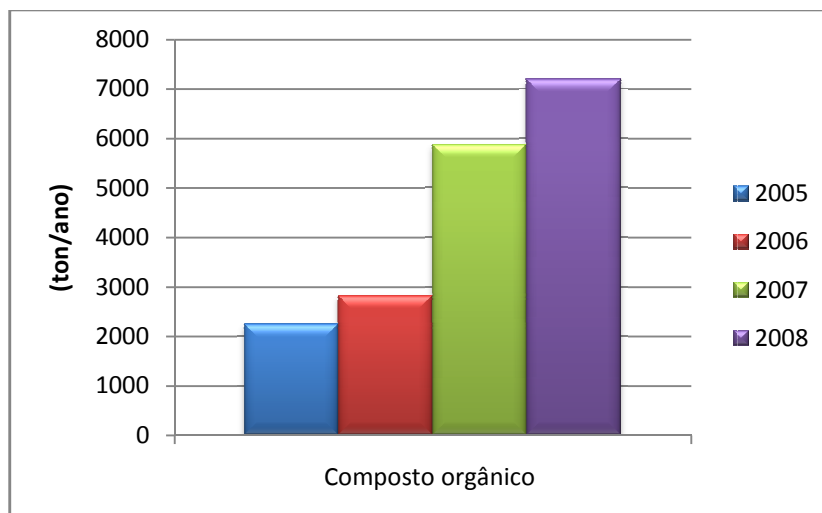


Fig. 2.9 - Composto orgânico produzido na unidade pela Central de Valorização Orgânica (CVO) da LIPOR.

A valorização energética ocorre na Central de Valorização Energética (CVE) da LIPOR. A energia eléctrica produzida tem um comportamento variável, uma vez que é influenciada pela quantidade de resíduos incinerados (ver Fig. 2.10) e esta tem variado ao longo do tempo tal como apresentado anteriormente (na Tabela 2.2). O comparativamente baixo valor para o ano de 2006 deve-se ao facto de a central de incineração ter estado parada temporariamente durante esse ano para manutenção [7].

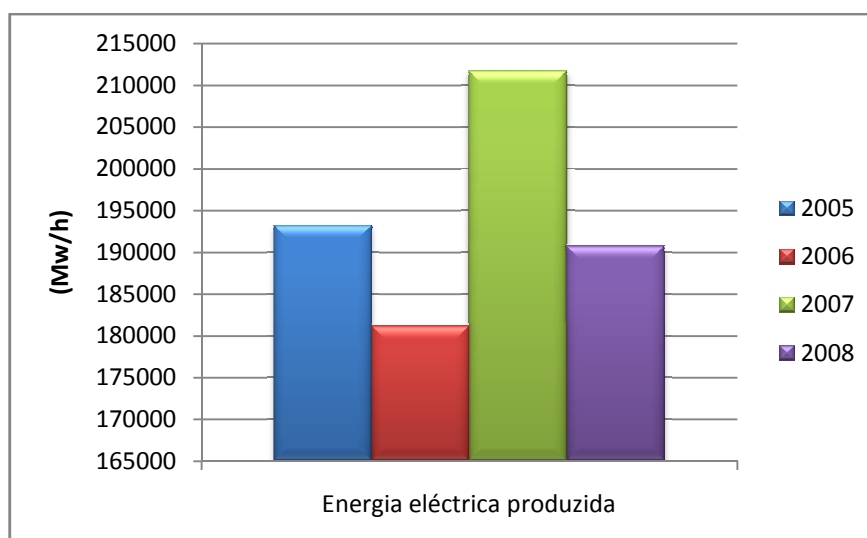


Fig. 2.10 - Energia eléctrica produzida Central de Valorização Energética (CVE) da LIPOR.

2.3 METAS DEFINIDAS PELA LEGISLAÇÃO NACIONAL PARA A PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

2.3.1 A DIRECTIVA ATERROS (DECRETO – LEI Nº 152/2002)

A deposição de resíduos em aterros constitui uma opção para gestão de resíduos que, em Portugal, define as regras gerais do seu exercício no Decreto-Lei nº 239/97 (Lei Quadro dos Resíduos). O diploma legal vulgarmente designado por directiva aterros estabelece as normas aplicáveis em matéria de instalação, exploração, encerramento e manutenção pós-encerramento de aterros. Este diploma visa regular a instalação, a exploração, o encerramento e a manutenção pós-encerramento de aterros destinados a resíduos, de forma a evitar ou a reduzir tanto quanto possível os efeitos negativos sobre o ambiente, quer à escala local, em especial a poluição das águas de superfície, das águas subterrâneas, do solo e da atmosfera, quer à escala global, em particular o efeito de estufa, bem como quaisquer riscos para a saúde humana.

Apenas são admitidos em aterro os resíduos que, tenham sido tratados, os resíduos inertes cujo tratamento não seja tecnicamente viável, ou, outro tipo de resíduos que se comprove que o seu tratamento não contribui para os objectivos estabelecidos, através da redução da quantidade de resíduos ou dos riscos para a saúde humana ou do ambiente e ainda os resíduos que tenham uma classificação conforme com os critérios de admissão definidos no diploma, para a respectiva classe de aterro. A classificação dos aterros é efectuada em aterros para resíduos inertes, aterros para resíduos não perigosos e aterros para resíduos perigosos. Este diploma restringe gradualmente a deposição em aterro de resíduos urbanos biodegradáveis. O diploma define que até Janeiro de 2006, os resíduos urbanos biodegradáveis destinados a aterros devem ser reduzidos para 75% da quantidade total, em peso, dos resíduos urbanos biodegradáveis produzidos no ano de 1995. Esta redução é limitada a 50% da quantidade total, em peso, até Janeiro de 2009 e finalmente reduzida para 35%.até Janeiro de 2016 [9].

De referir que este Decreto-Lei foi alvo de alterações no que diz respeito aos critérios e processos de admissão de resíduos em aterros na Decisão do Conselho Europeu n.º 33/2003, de 19 de Dezembro, não sendo contudo alterações relevantes para o estudo aqui focado.

2.3.2 A DIRECTIVA EMBALAGENS (DIRECTIVA 2004/12/CE TRANSPOSTA PELO DECRETO – LEI Nº 92/2006)

O decreto-lei estabelece os princípios e as normas aplicáveis à gestão de embalagens e resíduos de embalagens, com vista à prevenção da sua produção, à reutilização de embalagens usadas, à reciclagem e definição de outras formas para valorização de embalagens de modo a evitar a sua eliminação final.

O diploma legal define embalagem como todos e quaisquer produtos feitos de materiais de qualquer natureza utilizados para conter, proteger, movimentar, manusear, entregar e apresentar mercadorias, tanto matérias-primas como produtos transformados, desde o produtor ao utilizador ou consumidor, incluindo todos os artigos descartáveis utilizados para os mesmos fins. O decreto-lei define objectivos para a valorização e incineração em instalações de incineração de resíduos com recuperação de energia. As metas indicadas referem que até 31 de Dezembro de 2005, serão valorizados ou incinerados em instalações de incineração de resíduos com recuperação de energia entre, no mínimo, 25 % e, no máximo, 65 % em peso dos resíduos de embalagens e até 31 de Dezembro de 2008, serão valorizados ou incinerados em instalações de incineração de resíduos com recuperação de energia, no

mínimo, 60 % em peso dos resíduos de embalagens. No que diz respeito à reciclagem define que até 31 de Dezembro de 2008, serão reciclados entre, no mínimo, 25 % e, no máximo, 45 % em peso da totalidade dos materiais de embalagem contidos nos resíduos de embalagens, com 15 %, no mínimo, em peso, para cada material de embalagem, até 31 de Dezembro de 2011, serão reciclados entre, no mínimo, 55 % e, no máximo, 80 % em peso dos resíduos de embalagens e fixa ainda objectivos mínimos de reciclagem para os materiais contidos nos resíduos de embalagens que não poderão ultrapassar a data de 31 de Dezembro de 2011 [10] e [11]:

- i) 60 % em peso para o vidro,
- ii) 60 % em peso para o papel e cartão.
- iii) 50 % em peso para os metais.
- iv) 22,5 % em peso para os plásticos, contando exclusivamente o material que for reciclado sob a forma de plásticos,
- v) 15 % em peso para a madeira.

De referir ainda que o presente diploma já sofreu algumas alterações através do Decreto-Lei nº162/2000.

2.3.3 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL A RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELÉCTRICOS E ELECTRÓNICOS (REEE) (DECRETO-LEI N.º 230/2004)

O diploma estabelece o regime jurídico a que fica sujeita a gestão de resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE). O objectivo prioritário visa prevenir a sua produção e, subsequentemente, promover a reutilização, a reciclagem e outras formas de valorização, de forma a reduzir a quantidade e o carácter nocivo de resíduos a eliminar, contribuindo para melhorar o comportamento ambiental de todos os operadores envolvidos no ciclo de vida destes equipamentos. Define como equipamentos eléctricos e electrónicos (EEE) os equipamentos cujo funcionamento adequado depende de correntes eléctricas ou campos electromagnéticos bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos, pertencentes às categorias indicadas no anexo I do diploma. Os REEE são os EEE que constituam um resíduo, incluindo todos os componentes, subconjuntos e materiais consumíveis que fazem parte integrante do equipamento no momento em que este é descartado.

Este diploma prevê que até final de 2006 os produtores tenham tomado medidas para que sejam obrigatoriamente garantidos determinados objectivos de gestão.

Estas medidas incluem o aumento da taxa de valorização e o aumento da percentagem de reutilização e reciclagem de componentes, materiais e substâncias, para cada categoria, ver Tabela 2.3. Paralelamente, o diploma define ainda que a rede de sistemas de recolha selectiva de REEE deve ser organizada de forma que, até 31 de Dezembro de 2006, seja garantida a recolha selectiva de REEE numa proporção de, pelo menos, 4 kg/habitante/ano [12]. De referir que este Decreto foi alterado pelo Decreto-Lei nº174/2005, apenas no que diz respeito ao âmbito de aplicação, acrescentando os EEE que façam parte de outro tipo de equipamento não abrangido pelas normas constantes no Decreto-Lei anterior.

Tabela 2.3 – Categorias de REEE e respectivos valores de valorização, reutilização e reciclagem.

Categoria REEE	Taxa de Valorização	% Reutilização e Reciclagem
Grandes electrodomésticos Distribuidores automáticos	80%	75%
Equipamentos informáticos e de telecomunicações Equipamentos de consumo	75%	65%
Pequenos electrodomésticos Equipamentos de iluminação Ferramentas eléctricas e electrónicas Brinquedos e Equipamento de desporto e lazer Instrumentos de monitorização e controlo	70%	50%
Lâmpadas de descarga de gás	*n.d.	80%

*n.d. não disponível.

2.3.4 PLANO ESTRATÉGICO NACIONAL PARA OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (PERSU II) 2007-2016.

O plano, abreviadamente designado por PERSU II, tem origem numa revisão de um primeiro plano (PERSU I) constituindo o novo referencial para o horizonte 2007-2016.

O PERSU II é um instrumento estratégico fundamental para que o sector dos resíduos possa dispor de orientações e objectivos claros, bem como de uma estratégia de investimento que confira coerência, equilíbrio e sustentabilidade à intervenção dos vários agentes directamente envolvidos. Nas PERSU II são definidas as metas a atingir e acções a implementar tendo em consideração a necessidade de assegurar o cumprimento dos objectivos de desvio de resíduos urbanos biodegradáveis de aterro, bem como os objectivos para a reciclagem e valorização. As metas estabelecidas no documento são retiradas da legislação referida anteriormente nesta tese. Quanto às medidas a implementar baseiam-se em algumas Linhas Orientadoras Estratégicas, como por exemplo, reduzir, reutilizar, reciclar, separar na origem, minimizar a deposição em aterro, o cumprimento do Protocolo de Quioto, assegurar a obtenção de informação validada a tempo das entidades responsáveis poderem tomar decisões, entre outras. Para concretização das referidas linhas orientadoras existem cinco *eixos de actuação* que devem estruturar a estratégia do PERSU II, entre 2007 e 2016: Prevenção, Sensibilização e Mobilização dos cidadãos, Qualificação e Optimização da gestão dos resíduos, sistema de Informação como pilar da gestão dos RSU e Qualificação e Optimização da intervenção das entidades públicas na gestão de RSU.

O Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos para o período de 2007 a 2016 (PERSU II), dá continuidade à política de gestão de resíduos, tendo em atenção as novas exigências entretanto formuladas a nível nacional e comunitário, assegurando o cumprimento dos objectivos comunitários, procurando colmatar as limitações apontadas à execução do PERSU I'. Este novo plano, surge de modo a definir novos objectivos e metas numa tentativa de ultrapassar a situação verificada em 2005 para a qual os objectivos metas definidos no PERSU I não foram atingidas (ver Tabela 2.4) [1].

Tabela 2.4 - Metas estabelecidas pelo PERSU I e situação verificada para o mesmo ano.

Opção de gestão	Metas PERSU I 2005	Situação Verificada em 2005
Redução	5%	0%
Incineração	22%	21%
Compostagem	25%	7%
Reciclagem	25%	9%
Aterro	23%	63%

2.4 COMPARAÇÃO DA SITUAÇÃO ACTUAL COM AS METAS ESTABELECIDAS NA LEGISLAÇÃO E O DEFINIDO NO PLANO ESTRATÉGICO DA LIPOR

Nesta secção são comparadas a situação actual em relação à produção e tratamento final de RSU com as metas definidas pela legislação aplicável (ver 2.3) e com os valores estimados pelo Plano Estratégico da LIPOR para o período 2007-2016. Em primeiro lugar são apresentadas as comparações tendo em linha de conta as quantidades totais produzidas (2006-2008) em seguida são comparados os fluxos produzidos com os valores constantes no plano estratégico e os definidos pela legislação em vigor.

A Fig. 2.11 apresenta a produção total de RSU estimada no Plano Estratégico da LIPOR com as quantidades efectivamente produzidas e recepcionadas na LIPOR. Conclui-se que para os últimos três anos a produção de RSU ultrapassou as previsões do plano estratégico, produzindo para o último ano um excesso de aproximadamente 40.000 toneladas.

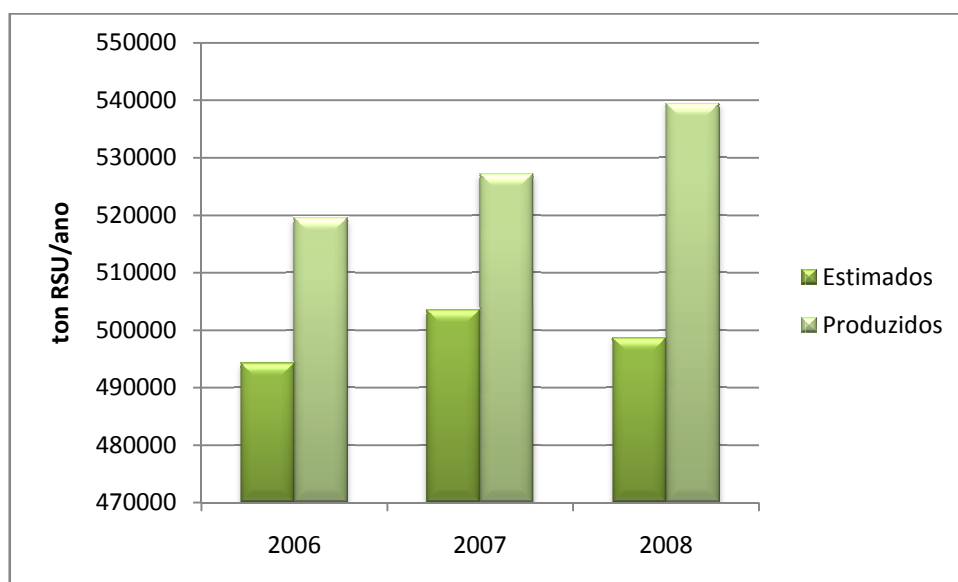


Fig. 2.11 – Quantidades de RSU no período entre 2006 e 2008. Comparação entre os valores produzidos na área da LIPOR e os valores estimados no Plano estratégico da LIPOR.

A Tabela 2.5 apresenta para os anos de 2006 e 2008 as taxas de material reciclado por tipo de fluxo pela LIPOR, incluindo nomeadamente, o Papel/Cartão e Tetrapak, Vidro, Metal, Madeira e Plástico. Estes valores são comparados com as taxas estimadas para os mesmos anos (2006 e 2008) pelo Plano Estratégico da LIPOR. Na tabela são também apresentadas as taxas definidas como metas a atingir pela legislação para o ano de 2011 (Directiva embalagens).

Tabela 2.5 - Percentagens recicladas pela LIPOR para 2006 e 2008 para diversos tipos de fluxos de RSU. Para comparação a tabela inclui as taxas estimadas pelo Plano Estratégico da LIPOR e as taxas limite impostas para reciclagem pela legislação para 2011 (Metas 2011 – Directiva embalagens)

Fluxo	% PE 2006	Situação verificada 2006	% PE 2008	Situação verificada 2008	Metas 2011
Papel/Cartão+Tetrapack	21.5	15.9	28.4	29.1	60
Vidro	47.1	44.7	47.5	52.6	60
Metal	51.9	3.2	51.4	6.1	50
Madeira	2.8	16.9	2.2	0.1	15
Plástico	3.7	3.4	6.2	6.2	22.5

%PE: % estimada no Plano Estratégico

Conclui-se que as taxas de reciclagem têm em geral aumentado no período em análise. O vidro é o fluxo que apresenta uma maior taxa de recolha selectiva. No ano de 2008 este fluxo possui uma taxa de recolha muito próxima da meta para definida para 2011. O papel/cartão e tetrapak registou uma subida comparativamente significativa em 2008, no entanto a sua taxa de recolha está ainda a cerca de 50% do definido na legislação. Em seguida a madeira e o plástico apresentam taxas de recolha muito baixas e estão muito longe das metas legisladas. Por fim realça-se que a percentagem de reciclagem do metal aqui representada apenas se refere à quantidade de metal recolhida e enviada para o centro de triagem. Existe no entanto, separação efectuada na central de valorização energética por electroímãs, sendo assim atingido o valor da legislação para o Metal. Constata-se que o fluxo que necessita maior empenho na taxa de recolha é o Plástico, uma vez que é o que se encontra mais distante dos valores da legislação. Por último refere-se que a legislação define ainda para a reciclagem total de embalagens, que esta deve atingir um valor entre 55% e 80% do total produzido, até 2011. Das cerca de 230.000 toneladas recepcionadas pela LIPOR em 2008, 47700 toneladas foram enviadas para reciclagem, o que corresponde apenas a 21% do total.

Foram também analisados os resíduos indiferenciados recolhidos pela LIPOR. Estes contêm grande percentagem de resíduos que podem ser valorizados. Os valores registados nos últimos três anos foram bastante superiores aos estimados no Plano Estratégico da LIPOR, para os mesmos anos, tal como se verifica na Fig. 2.12.

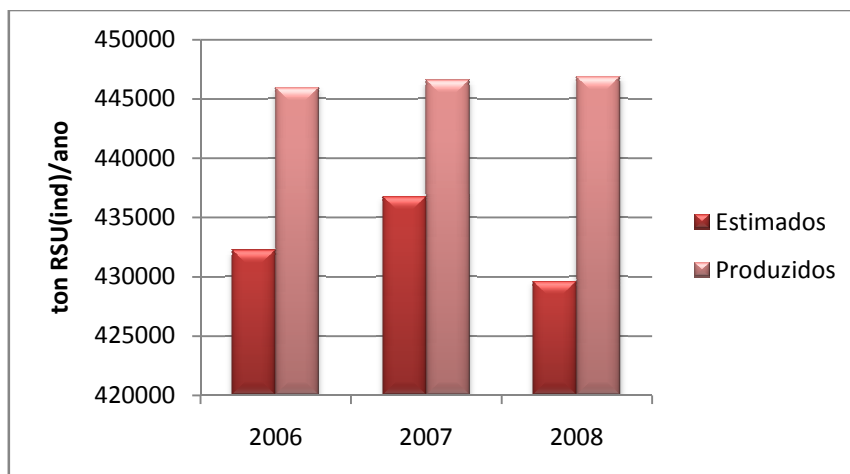


Fig. 2.12 – Quantidade de resíduos indiferenciados no período entre 2006 e 2008. Comparação entre os valores produzidos na área da LIPOR e os valores estimados no Plano Estratégico da LIPOR.

As quantidades registadas de resíduos recicláveis na fracção dos indiferenciados, apesar de nos últimos anos terem vindo a decrescer, ainda assinalam diferenças em relação aos valores definidos no Plano Estratégico da LIPOR. A Fig. 2.13 representa as quantidades dos fluxos recicláveis presentes nos indiferenciados em 2008 em comparação com as estimativas constantes do Plano Estratégico para o mesmo ano.

Conclui-se que a quantidade produzida dos fluxos de Papel/Cartão e de Metais registam valores superiores aos estimados. Por outro lado a quantidade produzida de Vidro e Plástico estão actualmente abaixo das previsões constantes no Plano Estratégico da LIPOR.

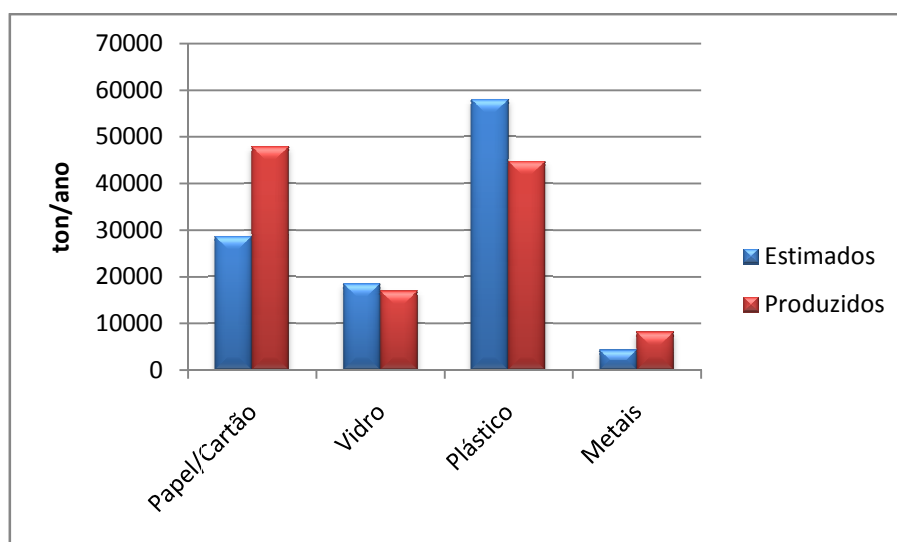


Fig. 2.13 – Quantidades de resíduos recicláveis presentes na fracção de indiferenciados no período em 2008. Comparação entre os valores produzidos na área da LIPOR e os valores estimados no Plano estratégico da LIPOR para o mesmo ano.

Quanto à deposição em aterro, o Decreto – Lei nº 152/2002 define para Janeiro de 2009 uma taxa de para deposição em aterro de 50% da quantidade total, em peso, dos resíduos urbanos biodegradáveis,

produzidos em 1995, o que corresponde a cerca de 121.000 toneladas para a zona LIPOR. Em 2008 a LIPOR enviou para aterro cerca de 63.308 toneladas, das quais aproximadamente metade inclui resíduos biodegradáveis. Uma vez que o valor global depositado em aterro é inferior ao limite imposto pode afirmar-se que as metas definidas para a taxa de deposição em aterro foram alcançadas. Este facto deve-se ao desvio da matéria orgânica para aterro ser assegurado pela Central Valorização Energética, e actualmente (desde 2005) pela Central Valorização Orgânica.

Por fim em relação aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónico (REEE), a LIPOR não dispõe dos valores de taxa de recuperação e valorização por categorias. A legislação aplicável define um valor de 4kg/habitante/ano como valor para a recolha selectiva de REEE. Como durante 2008 foram encaminhados para valorização cerca de 1296 toneladas, o valor calculado *per capita* iguala os 1.3kg/habitante/ano e portanto a meta definida está acima do valor que foi possível quantificar.

2.5 PRODUÇÃO E DESTINO FINAL DOS RSU NA EUROPA

A actual política de gestão de resíduos da UE é baseada no conceito de hierarquia de resíduos, ou seja, que a sua produção deverá ser prevenida, e, se não for possível, os resíduos deverão ser reutilizados, reciclados e recuperados e apenas encaminhados para aterro em última instância. No entanto, apesar da prevenção ser o principal objectivo das políticas de gestão de resíduos a nível nacional e comunitário, o alcance deste objectivo tem sido limitado. De facto, os dados recentes para a produção de resíduos indicam que as estimativas europeias serão acrescidas de vinte e cinco por cento entre 2005 e 2020. Este alcance é, devido a vários factores como, por exemplo, as actividades económicas, a inovação tecnológica e os padrões de consumo. A informação recente indica que os cidadãos europeus produzem, em média e por pessoa, 522 kg de RSU /pessoa / ano [13]. Este valor não é muito distinto do produzido na zona de abrangência da LIPOR (511 kg / pessoa / ano). A previsão da Agência Europeia do Ambiente indica que é expectável que este indicador aumente até 680 kg para 2020 se os padrões de consumo habituais se mantiverem. Actualmente, as três grandes opções de tratamento dos resíduos municipais na Europa são a deposição em aterro (49%), a incineração (18%) e a reciclagem e compostagem (33%). Apesar das opções pela reciclagem e pela incineração terem aumentado nos últimos anos, resultado da grande aposta na sensibilização das populações, constata-se que as quantidades absolutas de resíduos encaminhados para aterro, não estão a diminuir face ao aumento de produção de resíduos.

A Fig. 2.14 compara a produção *per capita* de RSU em alguns países da União Europeia para o ano de 2007. O estudo indica que a produção de RSU está fortemente ligada ao tamanho da população e ao desenvolvimento económico e ambiental de cada um dos países [14].

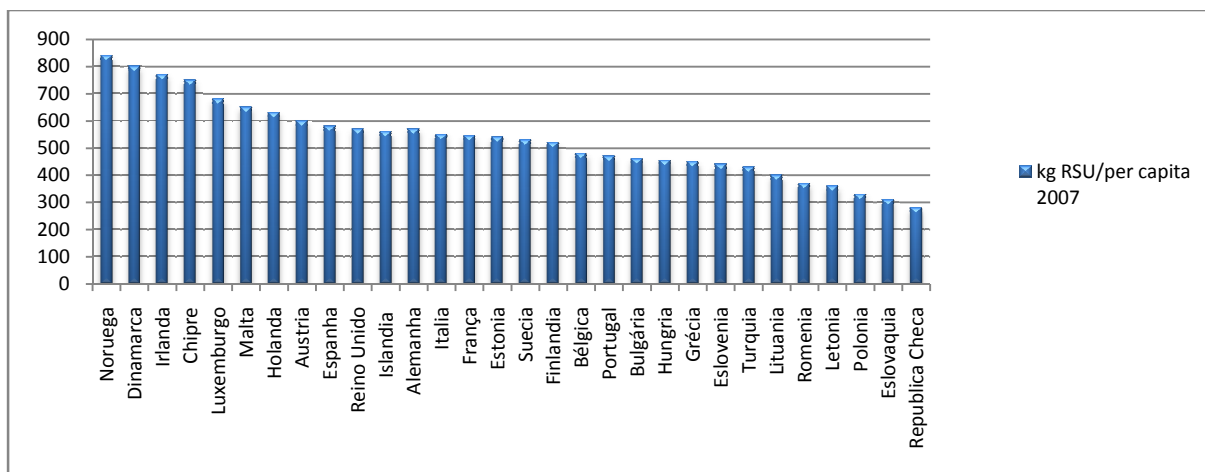


Fig. 2.14 – Produção de RSU per capita em 30 países Europeus (ano de 2007).

O estudo indica que a produção de resíduos apresenta um padrão distinto em cada país Europeu. Os resíduos produzidos variam entre os quase 300kg *per capita* na República Checa e os 840 kg *per capita* na Noruega [14]. Estes valores referem-se aos resíduos domésticos que são recolhidos pelas entidades municipais. No topo da lista, a acompanhar a Noruega, aparecem também a Dinamarca (800kg/capita), a Irlanda (780kg/capita) e o Chipre (750 kg/capita). Por outro lado, a Roménia, a Polónia, a Eslováquia e a República Checa produzem menos de 400 kg/capita. As estatísticas contemplaram igualmente os tipos de tratamento de resíduos privilegiados em cada país. Assim, a maior taxa de reciclagem é actualmente realizada na Alemanha (46%), Bélgica (39%) e Suécia (37%). Em Portugal e mais concretamente na zona de abrangência da LIPOR foram reciclados em 2008 aproximadamente 20% dos resíduos recolhidos [7]. No outro extremo estão a Bulgária, Roménia, Lituânia, Malta e Polónia que encaminham a quase totalidade (mais de 90%) dos seus resíduos domésticos para aterro [14].

3

ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA 2016

A estimativa da produção de resíduos, em particular, os resíduos sólidos urbanos é o ponto-chave deste estudo, uma vez que se considera que o conhecimento prévio da produção futura e respectiva composição poderá auxiliar as entidades responsáveis na sua gestão. Com vista à estimativa da produção de resíduos foi utilizado um modelo de simulação para estimar a produção de resíduos para um horizonte temporal de médio prazo que foi utilizado anteriormente para estimar a produção de resíduos sólidos urbanos em algumas cidades europeias, localizadas na Grécia, Lituânia, Eslováquia e Espanha

Muitos modelos, principalmente com base estatística têm sido utilizados. Desde 1974 e até final de 2005, foram publicados mais de 50 artigos abordando este tópico [15], [4], [5]. Ao longo das últimas décadas foram desenvolvidos modelos que analisam a produção de resíduos na perspectiva de previsão de quantidades produzidas [4]. No entanto, na sua grande maioria apenas focam as quantidades e a composição, deixando de lado factores sociais e económicos que influenciam o rumo que pode ter a produção dos RSU. Apesar desta grande maioria alguns dos estudos publicados começam a introduzir nos seus estudos parâmetros factores sócio económicos. Estas tendências sócio económicas desempenham um papel fundamental para um prognóstico de produção. Actualmente as estimativas de produção de RSU da LIPOR que constam no plano estratégico 2007 -2016 são baseadas na informação de produção actual e, relativa a dados de anos anteriores, para os vários fluxos de resíduos produzidos no âmbito LIPOR. São aqui consideradas também iniciativas tomadas ou a desenvolver num futuro próximo e ainda, compromissos decorrentes de imposições legais, como as metas para reciclagem de embalagens, as metas da Sociedade Ponto Verde, da Directiva Aterros, do PERSU II ou outras vigentes

O trabalho aqui apresentado foca a utilização e exploração do modelo, de forma a obter resultados para o ano de 2016, tendo por base os valores de produção de resíduos em 2006. A estimativa é efectuada com base nas características da região geográfica em análise, como a população e em alguns indicadores sócio económicos como, por exemplo, o produto interno bruto, a taxa de mortalidade infantil, o tamanho médio dos agregados e ainda considera as quantidades produzidas em anos anteriores, as iniciativas desenvolvidas e as metas estabelecidas na legislação. Desta forma, a previsão obtida poderá expressar uma estimativa de previsão de resultados mais próximos da realidade para a área em estudo.

De seguida é, em primeiro lugar descrito o modelo e exposta a informação usada na simulação, sendo depois apresentados os resultados obtidos e as conclusões retiradas.

3.1 DESCRIÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO (LCA-IWM WASTE PROGNOSTIC TOOL)

O modelo de simulação, designado por LCA-IWM, foi desenvolvido com base nas relações existentes entre os factores considerados significativos para a produção de RSU [3]. O modelo (*LCA-IWM*) utilizado nesta tese possui duas funções, a primeira inclui uma previsão da produção de RSU e a segunda a avaliação dos sistemas de gestão de resíduos. A previsão da produção de resíduos sólidos urbanos é possível pela utilização da ferramenta designada *Waste Prognostic Tool*, enquanto que a avaliação dos sistemas de gestão recorre ao uso da ferramenta *Municipal Solid Waste Management System Assessment Tool*. Esta segunda ferramenta permite planear e avaliar as estratégias de gestão definidas para os resíduos sólidos urbanos. Não obstante o facto desta ferramenta poder constituir um interessante instrumento de gestão para a entidade gestora dos RSU, o trabalho aqui apresentado foca exclusivamente a previsão de produção de RSU. Não é portanto aqui incluída a descrição detalhada das características e dos resultados passíveis de serem obtidos por utilização desta segunda ferramenta.

A ferramenta *Waste Prognostic Tool* é usada para prever as quantidades produzidas de vários fluxos que integram os resíduos domésticos e equiparados a domésticos produzidos numa zona urbana. Esta ferramenta foi usada para estimar a produção de RSU em algumas cidades como, por exemplo, Xanthi na Grécia, Kaunas na Lituânia ou Reus em Espanha [3]. A previsão da produção usa informação actual em relação a dados de produção dos diferentes tipos de resíduos e outros indicadores socioeconómicos associados à região urbana e população onde os resíduos são produzidos e geridos. Servem então de base à estimativa, as quantidades e composições presentes dos tipos de resíduos produzidos, alguns indicadores sócio económicos associados com a zona geográfica em análise e alguns indicadores sócio económicos previstos para o ano para o qual se pretende estimar a previsão.

A estimativa da produção futura dos resíduos é efectuada com base na relação existente entre as condições sócio económicas de uma determinada população e a produção de resíduos nessa mesma área. Assim, com base na quantificação da produção actual de RSU, na sua composição por tipo de fluxo, e ainda nas taxas de recolha selectiva, actual e futura, e nas taxas de implementação de determinadas medidas preventivas que o modelo faz a estimativa da previsão de produção de RSU. Outros factores importantes para a estimativa estão associados com o comportamento dos cidadãos e eventuais medidas tomadas pelos municípios ou pelas entidades responsáveis pela gestão dos RSU.

O modelo possui uma base de dados e atribui valores por defeito para o caso do utilizador não efectuar a entrada dos parâmetros associados com as características sócio económicas da zona em estudo. Estes valores são atribuídos em função do país para o qual o estudo é realizado.

Nas secções seguintes (3.1.1 a 3.1.3) serão apresentados os indicadores que servem de base à previsão e, são descritos os fluxos de resíduos considerados e as taxas de recolha e medidas preventivas incluídas no modelo que visam a redução da produção de RSU.

3.1.1 DESCRIÇÃO DOS INDICADORES SÓCIO ECONÓMICOS USADOS NO MODELO (WASTE PROGNOSTIC TOOL)

A ferramenta *Waste Prognostic Tool* utiliza equações matemáticas formuladas com base na relação entre quantidades e tipologias dos resíduos. A ferramenta dispõe também de uma biblioteca de informação baseada em indicadores sociais, económicos e demográficos. Esta informação recolhida para alguns países Europeus é disponibilizada no modelo incluindo informação relativa a cidades de 32 países europeus. O modelo inclui portanto uma base de indicadores sócio económicos para 32 países europeus, incluindo Portugal. Apesar da informação recolhida no início incluir mais de 35 indicadores, apenas 14 são, de facto, actualmente considerados no modelo. Esta redução ao número de indicadores é justificada pelos autores como resultado da falta de disponibilidade da informação e incerteza associada a alguns dados necessários para os indicadores. Os indicadores são avaliados tendo em conta informação demográfica da região analisada, e informação associada à população nela residente.

A lista final contendo os 14 indicadores usados no modelo é apresentada na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Indicadores considerados no modelo.

O estudo divide em 3 os indicadores Estrutura Etária da População e Sectores de Emprego.

Indicador (unidades)
População Total (nº habitantes)
Densidade Populacional (habitantes / km ²)
Estrutura Etária da População (% da população)
(são consideradas as faixas etárias: 0 a 14, 15 a 59 e mais de 60 anos)
Sectores de Emprego (% empregados)
(são consideradas: Agricultura, Industria e Serviços)
Produto Interno Bruto (USD PPP*)
Taxa Mortalidade Infantil (nº de mortes por cada 1000 nascimentos)
Pernoitas (noites)
Esperança média de vida (anos)
Tamanho médio agregado familiar (pessoas por habitação)
Taxa desemprego (% desempregados)

*USD PPP: United States dollar, purchasing power parities (dolares americanos, paridades de poder de compra)

Esta ferramenta, no entanto, considera alguns pressupostos descritos em seguida. Um refere-se, por exemplo, ao facto de que a relação entre os indicadores sócio económicos e a produção de resíduos ser semelhante para todas as cidades consideradas no modelo. O outro considera que o uso de projecções feitas a nível das cidades, ou seja, alguns indicadores, como o crescimento da população e dimensão do agregado familiar, são importantes uma vez que fornecem informação mais específica da zona em estudo e ainda o uso de projecções a nível nacional, enquadrando a cidade em estudo no país europeu do qual faz parte. Por isso as estimativas de indicadores como a taxa de mortalidade infantil são feitas ao nível urbano e nacional.

Dentre os 14 indicadores considerados, o estudo que levou ao desenvolvimento do modelo *LCA-IWM Waste Prognostic Tool* conclui que os parâmetros que demonstraram ser significativos para a

estimativa da produção de RSU são, o Produto Interno Bruto, a taxa mortalidade infantil, a esperança média de vida, a mão-de-obra na agricultura, a faixa etária, o tamanho do agregado familiar e a população total. Este facto deve-se a estes revelarem afectar significativamente a produção de RSU. Os indicadores, dentre os 14 listados, considerados não afectar significativamente a estimativa da produção de RSU, são a densidade populacional, as pernoitas e a taxa de desemprego.

3.1.2 DESCRIÇÃO DOS FLUXOS CONSIDERADOS NO MODELO (WASTE PROGNOSTIC TOOL).

A tipologia dos resíduos sólidos urbanos, especificamente os produzidos nas habitações e aqueles que lhes são equiparados, considerados e avaliados pelo modelo podem ser divididos em quatro grandes grupos (Recicláveis, Orgânicos, Perigosos e Outros). Dentro de cada um dos grupos existe uma divisão pelo tipo de materiais (ver Tabela 3.2). É importante referir que com a excepção dos resíduos volumosos todos os outros tipos de resíduos constantes na Tabela 3.2 foram considerados na análise efectuada. A não consideração dos volumosos está associada com o facto de não existirem dados sobre a sua produção e recolha para a área em estudo neste trabalho.

É ainda de ressaltar que a designação dos resíduos constante no modelo é idêntica à designação da LIPOR, existindo contudo fluxos considerados na LIPOR e no modelo não, designadamente os fluxos de têxteis, madeira e finos.

Tabela 3.2 – Tipologia de resíduos considerados na ferramenta *Waste Prognostic Tool*.

Grupos	Materiais
Recicláveis	Papel e Cartão
	Vidro
	Metal
	Plástico e Compósitos
Orgânicos	Orgânicos
	Verdes
Perigosos	Perigosos
	REEE (Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos)
Outros	Indiferenciados
	Volumosos

3.1.3 DESCRIÇÃO DAS MEDIDAS DE REDUÇÃO DA PRODUÇÃO CONSIDERADAS PELO MODELO.

O modelo inclui dez medidas que se dividem em *públicas* e *internas*. As medidas consideradas públicas são implementadas pela entidade responsável pela gestão dos resíduos, enquanto as internas são medidas que cada cidadão deve tomar na sua habitação ou local de trabalho. O seu efeito é contabilizado através de taxas de implementação, que dizem respeito à percentagem da população que é atingida por cada medida. Na Tabela 3.3 encontram-se as dez medidas consideradas no modelo. A quantificação/definição de um valor referente à aplicabilidade de cada medida pode ser definida pelo utilizador do modelo.

Tabela 3.3 – Medidas de redução da produção.

Medida	Gama de Aplicabilidade
<i>Públicas</i>	
Autocolantes "publicidade aqui não"	0-100%
Promoção de Serviços de Reparação	0-100%
Promoção de bens reutilizáveis	0-100%
Promoção de serviços de aluguer	0-100%
Substituição de fraldas descartáveis	0-100%
Intensificação de Sensibilização	0-20%
Compostagem Caseira	0-100%
<i>Internas</i>	
Uso de material reutilizável	0-100%
Uso dos dois lados do papel	0-100%
Uso de toalhas reutilizáveis	0-100%

3.2 A INFORMAÇÃO USADA NA SIMULAÇÃO

A informação usada na simulação inclui a caracterização da zona geográfica em análise, as quantidades de RSU, por tipo de fluxos, recepcionadas na LIPOR para 2006, a composição dos resíduos indiferenciados na zona em estudo em 2006, os indicadores sócio económicos para 2006 e alguns para 2016 e as taxas de recolha selectiva em 2006 e previstas para 2016 na zona de abrangência da LIPOR.

Em relação à identificação e caracterização da zona geográfica considerou-se a zona do Grande Porto. Foi excluída a informação referente a Vila Nova de Gaia, uma vez que os resultados do estudo são os da zona de abrangência da LIPOR (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 – Caracterização da zona geográfica e identificação do ano base e ano para o qual se pretende a estimativa.

Região em estudo	Grande Porto (excepto Vila Nova Gaia)
País	Portugal
População	972 301 habitantes
Ano base	2006
Ano em avaliação	2016

A quantificação de RSU recepcionados na LIPOR em 2006 foi efectuada para o seu valor total e também por tipo de fluxo. A informação utilizada foi fornecida pela LIPOR e refere-se à área em estudo (Tabela 3.5). Conclui-se que em 2006, foram produzidos, na zona de influência da LIPOR, cerca de 515380 toneladas sendo a maior fracção a dos indiferenciados, seguida dos resíduos orgânicos dos tipos biodegradáveis e verdes.

Tabela 3.5 – Quantidades de RSU por tipo de fluxos recepcionados na LIPOR em 2006.

Fluxo	Quantidade recepcionada na LIPOR em 2006	
	toneladas/ano	Kg/hab/ano
Indiferenciados	445935	458.8
Papel/Cartão	17310	17.8
Vidro	16529	17.0
Metal	2456	2.5
Plástico e Compósitos	2663	2.7
Orgânicos Biodegradáveis	10045	10.3
Verdes	14773	15.2
Domésticos Perigosos	5039	5.2
Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos	630	0.6
Total	515380	530.2

Devido ao facto dos indiferenciados constituírem a maior fatia dos RSU a composição destes é analisada com maior detalhe em seguida a partir da informação fornecida pela LIPOR para 2006 (Tabela 3.6). Conclui-se os resíduos orgânicos são os preponderantes (41% do total de indiferenciados), seguidos pelo Papel/Cartão e os Plásticos e Compósitos, ambos com uma cota de cerca de 18%. Será portanto importante considerar estas fracções no âmbito da sua separação para posterior reciclagem.

Tabela 3.6 – Composição resíduos indiferenciados na zona em estudo em 2006.

Fracção indiferenciados	% mássica recepcionada pela LIPOR em 2006
Papel/Cartão	18.5
Vidro	4.6
Metal	1.5
Plástico e Compósitos	18.2
Orgânicos	41.5
Domésticos perigosos	1.1
Outros	14.6
Total	100

No modelo é pedida a composição dos resíduos orgânicos em 2006, sendo que 83% correspondem a resíduos biodegradáveis e 17% a resíduos verdes.

Um outro requisito de informação do modelo inclui alguns indicadores sócio económicos de 2006 e estimados para 2016. Os valores assumidos pelo modelo para 2016 são calculados com base no valor da população residente em 2016, que é introduzido pelo utilizador. Este valor foi calculado

considerando que a relação entre a população em Portugal e a população no Grande Porto, com excepção de Vila Nova de Gaia, em 2006 é a mesma para 2016, ou seja, seguindo uma relação linear. Desta forma estima-se que a população para a zona em estudo em 2016 seja aproximadamente 968.000 habitantes.

No entanto, alguns valores não estão disponíveis nos organismos nacionais e portanto foram efectuadas algumas considerações que são identificadas em rodapé na Tabela 3.7 [13]. Os indicadores para 2016 são atribuídos por defeito pelo modelo. Estes foram usados devido ao facto de os valores necessários não estarem disponíveis na bibliografia oficial consultada. Conclui-se que os indicadores para 2006 e 2016 são semelhantes. As maiores diferenças ocorrem para a percentagem de mão-de-obra na agricultura e na taxa de mortalidade infantil.

Tabela 3.7 – Indicadores sócio económicos para 2006 e 2016.

Os valores foram obtidos a partir do Instituto Nacional de Estatística. As excepções são identificadas no final da Tabela.

Indicador	Valor	Ano
População Activa	69%	2006
	67.6% 1)	2016
Tamanho médio do agregado	2.8	2006
	2.63 1)	2016
Taxa Mortalidade Infantil (urbana)	3.3 (por 1000 nascimentos)	2006
	2.6 (por 1000 nascimentos) 1)	2016
Esperança média de vida	78.8 anos 2)	2006
	80.2 anos 1)	2016
PIB	19000 USD PPP	2006
% Variação PIB	2.3%, PIB = 19437 USD PPP* 1)	2016
Taxa Mortalidade Infantil (nacional)	3.3 (por 1000 nascimentos)	2006
	2.6 (por 1000 nascimentos) 1)	2016
Mão-de-obra Agricultura	10.5% 1)	2006
	7.0% 1)	2016

*USD PPP: United States dollar, purchasing power parities (dolares americanos, paridades de poder de compra)

- 1) Valor atribuído por defeito pelo modelo
- 2) Valor médio entre esperança média de vida do homem e da mulher

O outro requisito de informação para a simulação usando o modelo inclui a identificação das taxas de recolha selectiva, na zona em estudo, para 2006 e a estimativa para 2016. Com base nos valores anteriormente introduzidos o modelo calcula as taxas de recolha selectiva de cada fluxo para o ano 2006 e o utilizador introduz essas mesmas taxas para 2016 ou pode optar por deixar que o modelo faça uma previsão. No estudo aqui apresentado optou-se por definir como taxas de recolha selectiva para 2016 os valores definidos pela legislação. Como estes valores legais devem ser alcançados até final de 2011, optou-se por definir para 2016 as taxas de recolha que devem ser cumpridas legalmente já em 2011 (Tabela 3.8). Para o caso dos resíduos domésticos perigosos as taxas de recolha não estão disponíveis nem são contempladas pela legislação vigente. No que diz respeito aos REEE a legislação impõe valores por categorias de materiais e uma vez que a LIPOR não possui estes valores optou-se

por não introduzir qualquer valor, deixando portanto o modelo assumir este por defeito, assim como para os domésticos especiais.

Tabela 3.8 – Taxas de Recolha Selectiva em 2006 e previsão para 2016 para a zona de abrangência da LIPOR.

Fluxo	Taxa recolha 2006	Taxa recolha 2016
Papel e Cartão	17%	60%
Vidro	45%	60%
Metal	27%	50%
Plástico e Compósitos	3%	23%
Orgânicos	12%	12%
Domésticos perigosos	51%	*51%
REEE	6%	*6%

*Valor assumido por defeito pelo modelo

O último requisito de informação para a simulação usando o modelo diz respeito às medidas de redução da produção implementadas pelo sistema de gestão de resíduos. Das medidas contempladas no modelo foram avaliadas as presentes na Tabela 3.9.

Tabela 3.9 – Medidas da redução da produção avaliadas.

Medidas	Descrição
<i>Públicas</i>	
Autocolantes “publicidade aqui não”	Utilização por parte da população de autocolantes que permitem que não recebam publicidade não endereçada nas suas habitações.
Promoção de Serviços de Reparação + Promoção Bens Reutilizáveis	Reparação de REEE e reutilização dos mesmos.
Substituição de fraldas descartáveis	Substituição de fraldas descartáveis por fraldas de pano.
Intensificação da Sensibilização	Exposições, palestras e actividades junto da comunidade.
Compostagem Caseira	Reduzir os resíduos orgânicos transportados e tratados, fomentando a compostagem caseira nas habitações com jardim.
<i>Internas</i>	
Uso dos dois lados do papel	Usar os dois lados do papel.

Em seguida são apresentados e discutidos os resultados obtidos na simulação. Adicionalmente é apresentada uma comparação de cenários que tem por objectivo avaliar a influência de cada medida de redução da produção e ainda uma análise de sensibilidade parcial, que visa avaliar a influência da alteração dos valores de alguns indicadores considerados significativos no resultado final da previsão.

3.3 RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

3.3.1 ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE RSU TOTAL E POR TIPO DE FLUXO

Os resultados obtidos por utilização do modelo quantificam a produção total de RSU para 2016, identificando a quantidade produzida por tipo de fluxos (ver Tabela 3.10). Conclui-se que a produção total de RSU na zona de abrangência da LIPOR em 2016 seja aproximadamente igual a 600.000 toneladas. Conclui-se ainda que os resíduos orgânicos continuam a deter a maior fatia da produção total (39% do total de RSU) seguidos do Papel/Cartão (20%) e dos Plásticos e Compósitos (17%). Estes três fluxos representam cerca de 80% do total de RSU produzidos no ano de 2016.

Tabela 3.10 – Resultados do modelo representando a estimativa de produção de RSU total e por tipo de fluxo de para o ano de 2016.

Fluxo	Produção (ton/ano)	Porcentagem do total (%)	Produção per capita (kg/cap/ano)
Papel e Cartão	122600	20	127
Vidro	43100	7	45
Metal	9800	2	10
Plásticos e Compósitos	99800	17	103
Orgânicos:	236600	39	244
<i>Biodegradáveis</i>	<i>196400</i>	<i>32</i>	<i>203</i>
<i>Verdes</i>	<i>40200</i>	<i>7</i>	<i>42</i>
Domésticos Perigosos	11600	2	12
REEE	12000	2	12
Outros	64300	11	66
RSU total	599800	100	620

3.3.2 ESTIMATIVA DA RECOLHA SELECTIVA PARA DOIS CENÁRIOS DISTINTOS

O modelo possibilita estimar a produção de RSU por variação das taxas de recolha selectiva de cada fluxo. Nesta análise consideraram-se dois cenários. Um considera que as taxas de recolha do ano de 2006 se mantêm até 2016 e o outro considera que em 2016 as taxas de recolha são idênticas aos valores definidos como legais a atingir em 2011. Na Tabela 3.11 são apresentados os resultados obtidos para estes dois cenários, sendo um mais optimista (taxa de recolha selectiva em 2016 igual à definida na legislação para 2011) e o outro menos optimista (estima-se que a taxa de recolha selectiva em 2006 não se altera até 2016).

Tal como seria de esperar conclui-se que a grande diferença entre os dois cenários reside no aumento dos fluxos recicláveis, nomeadamente, Papel/Cartão, Plásticos e Compósitos, Vidro e Metal induzindo uma grande diminuição da quantidade de indiferenciados. É também evidente o potencial de reciclagem existente no fluxo de indiferenciados produzidos. Assim, sendo este fluxo deverá merecer uma atenção especial com vista à sua redução.

Tabela 3.11 – Resultados do modelo representando a estimativa da recolha selectiva em 2016 para dois cenários distintos.

Fluxo	Ton/ano	Kg/cap/ano	Ton/ano	Kg/cap/ano
	Taxa recolha idêntica a 2006		Taxa recolha em 2016 inclui valores da legislação para 2011	
Papel e Cartão	21300	22	73600	76
Vidro	19200	20	25900	27
Metal	2600	3	4900	5
Plásticos e Compósitos	3200	3	22400	23
Orgânicos	28000	29	28400	29
Domésticos Perigosos	5900	6	5900	6
REEE	700	1	700	1
Indiferenciados	518900	536	43800	452
RSU total	599800	620	599800	620

3.3.3 ANÁLISE INDIVIDUAL DE MEDIDAS QUE PROMOVEM A REDUÇÃO DA PRODUÇÃO DE RSU

Os cenários desenvolvidos dizem respeito à exploração individual de medidas presentes no modelo. A cada cenário está associada uma medida com várias taxas de aplicação definidas. Os cenários incluem a análise individual de seis medidas que promovem a redução da produção de RSU. As seis medidas, incluídas no modelo e também promovidas no âmbito da redução de RSU pela LIPOR que foram avaliadas integram a utilização de autocolantes “publicidade aqui não”, serviços de reparação e reutilização, acções de sensibilização, compostagem caseira, a substituição da utilização de fraldas descartáveis por fraldas de pano e uso dos dois lados do papel.

O modelo possibilita a variação de taxas de aplicação para as seis medidas incluídas por defeito no modelo. Para os cenários, desenvolvidos em conjunto com a LIPOR, definiram-se taxas de aplicação para as medidas existentes na LIPOR. Apenas uma das medidas incluídas no modelo (substituição das fraldas descartáveis) não é praticada pela LIPOR, no entanto, foi incluída na análise com vista à determinação do efeito da sua aplicação. Os cenários avaliam os efeitos que cada taxa de aplicação, para cada uma das medidas individuais, possui na produção total e por fluxo de RSU. Os resultados são confrontados com a situação denominada *projecção base* em que se assume que nenhuma das medidas possíveis é implementada. Na Tabela 3.12 apresentam-se, resumidamente, os fluxos afectados pela implementação de cada uma das medidas, a codificação usada e as respectivas taxas de aplicação consideradas na análise.

Tabela 3.12 – Medidas de redução de produção de RSU, taxas de aplicação de cada medida e fluxos afectados por cada uma.

Medidas	Codificação	Taxas de Aplicação	Fluxos afectados
Autocolantes “publicidade aqui não”	PUB	5;15;25%	Papel/Cartão
Serviços Reparação + Promoção Bens Reutilizáveis	RR	2;5%	REEE
Intensificação de relações públicas municipais, Sensibilização	S	5;10;20%	Papel/Cartão Vidro Metal Plástico Orgânicos Domésticos Especiais REEE Indiferenciados
Compostagem Caseira	CC	3.1;5%	Orgânicos Indiferenciados
Usar dois lados do papel	DLP	70;90%	Papel/Cartão
Substituição de fraldas descartáveis por fraldas de pano	SF	10;25;50%	Papel/Cartão Plástico Indiferenciados

A gama de aplicação das medidas permitida pelo modelo varia em geral entre 0 e 100%. A excepção, ocorre para a *Sensibilização* cujo máximo é 20%. Assim, a taxa de aplicação foi variada em primeiro lugar de modo a ser o mais possível adequada à prática corrente da LIPOR.

Á utilização de *Autocolantes “publicidade aqui não”*, tendo sido implementada em pequeno numero na LIPOR, atribuíram-se portanto taxas de aplicação de 5, 15 e 25%. Os *Serviços de Reparação e Promoção de Bens Reutilizáveis* foram considerados em conjunto, pois para o caso da LIPOR estão relacionados. A LIPOR repara REEE, e estes são depois reutilizados, em grande parte por instituições de solidariedade. Assim estabeleceram-se taxas de aplicação reduzidas (2 e 5%). Quanto à *Sensibilização* estabeleceram-se taxas de 5, 10 e 20% (sendo esta ultima o valor máximo permitido pelo modelo), pois esta medida constitui uma aposta forte da LIPOR. Relativamente à *Compostagem Caseira* as taxas atribuídas tiveram em consideração o número de compostores que a LIPOR pretende distribuir até 2016. Sendo o objectivo atingir os 10000 compostores e considerando que os agregados familiares são em média constituídos por 3 pessoas, seria de esperar que 30.000 pessoas fossem abrangidas por esta medida, representando assim cerca de 3.1% da população total. Desta forma analisaram-se as taxas de 3.1% e com uma perspectiva mais ambiciosa a taxa de 5%. A medida *Uso dos dois lados do papel* foi a única medida das consideradas internas a ser avaliada. A medida interna significa que é implementada pela população nas suas casas ou local de trabalho. Atribuíram-se taxas de aplicação optimistas de 70 e 90%, uma vez que é uma questão bem implementada. Por último foi avaliada a medida que *Substituição de fraldas descartáveis por fraldas de pano*. Não existindo qualquer informação disponível associada com a eventual implementação desta medida analisaram-se taxas de aplicação de 10, 25 e 50%. A Fig. 3.1 apresenta os resultados obtidos para a análise individual das medidas por comparação com a *Projecção Base*.

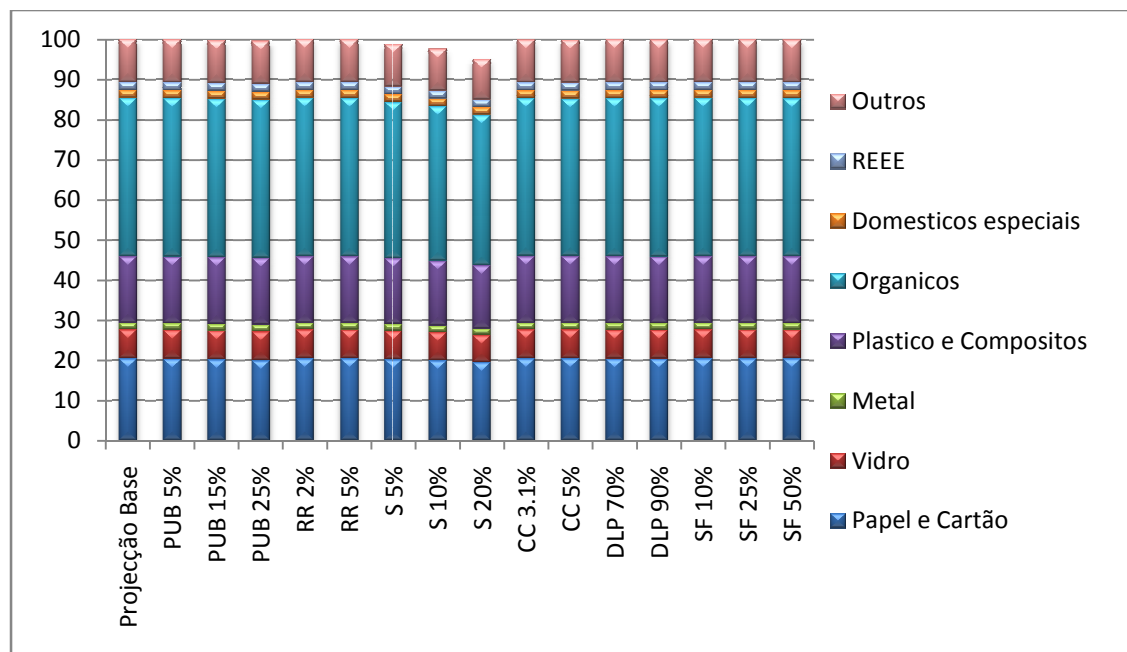


Fig. 3.1 – Variação dos fluxos de resíduos com a aplicação das medidas de redução da produção.

As medidas foram abreviadas: PUB – Publicidade aqui não (5,15,25%); RR – Reparação e Reutilização (2,5%); S – Sensibilização (5,10,20%); CS – Compostagem Caseira (3.1,5%); DLP – Uso dois lados do papel (70,90%); SF – Substituição fraldas (10,25,50%).

Conclui-se que a maior parte das medidas não possui qualquer efeito significativo na redução da produção de RSU. As reduções verificadas são inferiores a 1%. A medida para qual ocorre uma comparativamente maior redução da produção de RSU é a *Sensibilização*. Esta medida possui o seu máximo de redução para uma taxa de aplicação de 20%, correspondente a uma diminuição de 5% na produção total de RSU. Conclui-se que a aplicação destas medidas de modo individual, considerando as taxas fixadas, conduz a uma pouco significativa redução da produção de resíduos.

3.3.4 CONFRONTAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NA PREVISÃO BASE DO MODELO COM CENÁRIOS QUE INCLUEM A COMBINAÇÃO DE MEDIDAS INDIVIDUAIS DE REDUÇÃO DA PRODUÇÃO DE RSU E COM O VALOR ESTIMADO PELO PLANO ESTRATÉGICO

Com o objectivo de analisar a influência da variação da aplicação de várias medidas em simultâneo, efectuaram-se combinações alterando as taxas de aplicação das medidas. Considerou-se a aplicação simultânea de todas as medidas com as taxas máximas permitidas pelo modelo, *Previsão Máximo Redução*, que combina PUB 100%, RR 100%, S 20%, CS 100%, DLP 100% e SF 100%. Considerou-se também as taxas máximas definidas em concordância com a LIPOR, *Prevenção Máximo Redução LIPOR*, combinando PUB 25%, RR 5%, S 20%, CS 5%, DLP 90% e SF 50%.

Na Fig. 3.2 são confrontados os resultados obtidos, em termos de produção total, para estas duas situações com os obtidos na simulação efectuada para a *Projecção Base* e o valor definido no Plano Estratégico da LIPOR, para 2016.

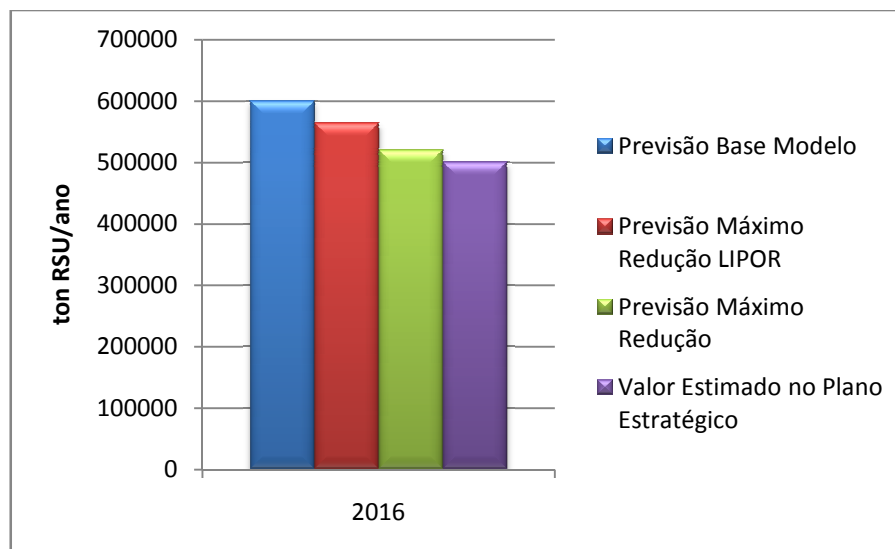


Fig. 3.2 – Produção total de RSU para 2016 para diferentes cenários, incluindo a combinação das medidas.

Verifica-se que o máximo de redução possível é obtido com a implementação de todas as medidas com o seu máximo potencial, *Previsão Máximo Redução*. No entanto, a aplicação desta combinação das medidas possibilita uma redução de aproximadamente 14% da produção de RSU em relação ao previsto na *Projeção Base*. A projecção que inclui a máxima redução prevista por aplicação das medidas adequadas às práticas LIPOR para 2016 (*Previsão Máximo Redução LIPOR*) estima uma redução de 6% da produção de RSU em relação à *Projeção Base*. Finalmente, a previsão mais optimista em termos de estimativa de produção de RSU para 2016 é a estipulada no *Plano Estratégico da LIPOR*. A redução prevista é de 17% na produção de RSU por relação à *Projeção Base* do modelo. Realça-se que este valor foi estipulado pela LIPOR no seu Plano Estratégico a LIPOR como sendo igual a aproximadamente 500000 toneladas. Conclui-se então que, pela utilização do modelo, apenas com a combinação de várias medidas se consegue obter redução da produção de RSU com algum significado, mas no entanto a redução para 2016 será inferior a 14% do total de RSU em 2006.

3.4 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

No sentido de analisar e avaliar a influência da variação de certos indicadores, considerados significativos, no resultado final, ou seja, no valor estimado para a produção de RSU foi realizada uma análise de sensibilidade. Nesta análise foram alterados os indicadores sócio económicos para 2016 (Produto Interno Bruto, a Taxa Mortalidade Infantil, a Esperança média de vida, a Mão-de-obra na agricultura, a Idade e o Tamanho médio do agregado familiar). Estes indicadores, tal como citado anteriormente, (ver 3.1.1) são aqueles indicados como podendo afectar mais os resultados obtidos no modelo.

Na avaliação foram variados individualmente os indicadores que incluem as tendências sócio económicas para 2016. Os valores considerados foram o mínimo e o máximo permitidos pelo modelo, Mantiveram-se constantes as quantidades e composição dos RSU, e os indicadores sócio económicos para 2006. A Tabela 3.13 apresenta os resultados obtidos para a variação de cada indicador para o valor mínimo e máximo.

Tabela 3.13 – Valores dos indicadores sócio económicos para 2016 considerados na análise. Os valores incluem o valor mínimo e o máximo permitidos pelo modelo para a área em estudo, Grande Porto e para Portugal.

Indicador	Valor mínimo	Valor máximo
População activa (% população)	50%	70%
Tamanho médio do agregado (pessoas/habitação)	1.5	3.5
Taxa Mortalidade Infantil (urbana) (mortes/1000 nascimentos)	1	40
Esperança média de vida (anos)	55	85
% Variação PIB (%)	-10	10
Taxa Mortalidade Infantil (nacional) (mortes/1000 nascimentos)	1	50
Mão-de-obra Agricultura (% empregados)	0%	45%

Os resultados obtidos, utilizando o modelo, são apresentados para o valor mínimo e máximo de variação de cada indicador para o total de produção de RSU e por tipo de fluxo. Os resultados da análise de sensibilidade são relativizados aos valores obtidos para a projecção base (a projecção base é a projecção inicial realizada para 2016 cujos resultados se encontram no ponto 3.3), considerando o resultado obtido para o valor da projecção base igual a 100%. Ver Fig. 3.3.

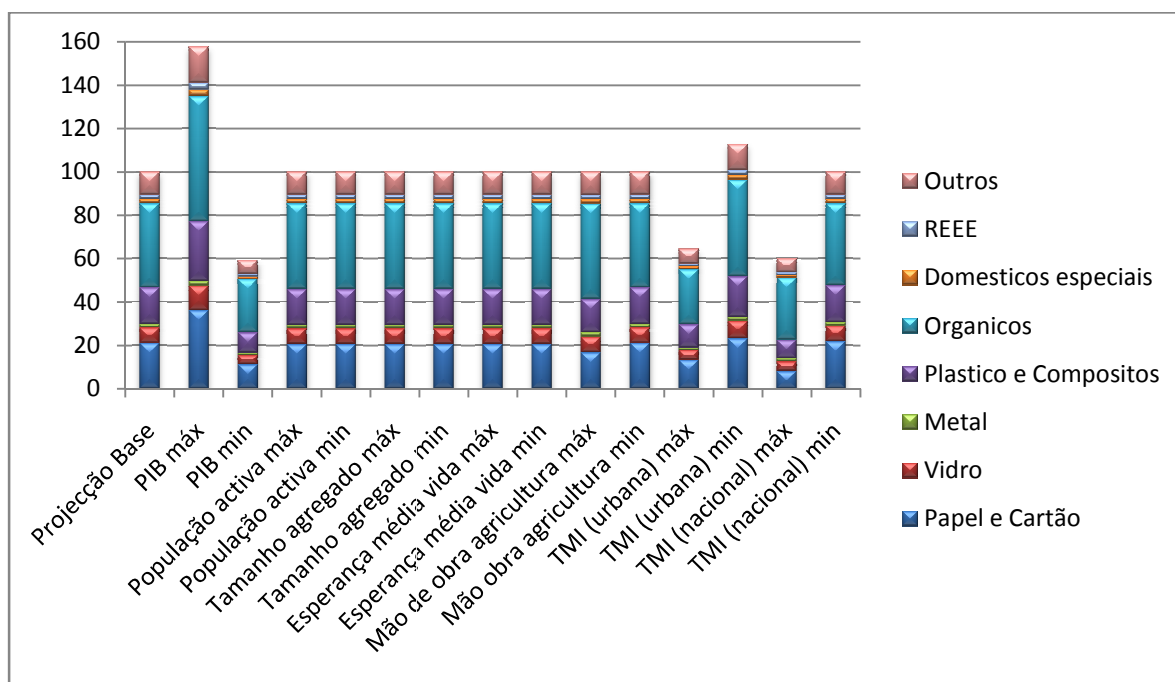


Fig. 3.3 – Variação das % por fluxo e dos totais produzidos para cada indicador, valores máximo e mínimo, em comparação com a projecção base.

Os resultados indicam que para ambos os casos (valores mínimos e valores máximos), os indicadores que mais influenciam a produção de resíduos sólidos urbanos são a variação do Produto Interno Bruto (PIB) e as Taxas de Mortalidade Infantil (urbana e nacional). A produção de resíduos varia proporcionalmente na razão directa com o PIB, ou seja, quanto maior o PIB maior a produção de

resíduos. Por outro lado, a produção de resíduos será menor quanto maior for a taxa de mortalidade infantil.

A análise mais detalhada do tipo de fluxos que compõem os RSU, mais especificamente para aqueles com uma cota superior (Orgânicos, Plásticos e Papel/Cartão) indica que, tal como seria de esperar, estes fluxos variam grandemente com a variação do Produto Interno Bruto (PIB) e as Taxas de Mortalidade Infantil (urbana e nacional). As alterações verificadas ao nível da produção de resíduos por variação do PIB podem ser explicadas pelo facto de um valor de produto interno bruto alto induzir a um maior poder de compra que se reflecte numa maior produção de resíduos, e causa um aumento em geral de todos os tipos de fluxos de resíduos. Em relação à taxa de mortalidade infantil a razão pela qual este indicador causa uma variação comparativamente significativa na produção de resíduos sólidos urbanos não é tão facilmente explicável. De facto verifica-se que este indicador poderá causar uma variação máxima de cerca 40% na produção de RSU. A razão aparente, mas não sustentada pela bibliografia revista, será de que uma TMI elevada conduz a uma redução da população. Contudo este é um facto que deverá ser estudado com mais detalhe.

Os resultados do modelo indicam que alguns indicadores não causam alterações na produção de RSU, nomeadamente, a população activa, o tamanho do agregado familiar e a esperança média de vida. Optou-se por analisar em detalhe esta questão de modo a concluir se este facto era ou não independente do país em estudo. Efectuaram-se simulações de modo a verificar a influência dos indicadores variando o país em análise, mas mantendo as condições iniciais do estudo, nomeadamente no que respeita à produção de RSU e aos indicadores sócio económicos de 2006, de modo que fosse possível efectuar uma comparação. Foram realizadas avaliações para países como República Checa, Bulgária, Macedónia e Eslovénia e comparados os resultados com os calculados para Portugal. Verificou-se de facto que as produções totais se alteraram, contudo só recorrendo a um estudo mais aprofundado destes e de outros países se poderia aferir conclusões mais profundas sobre os efeitos detalhados dos indicadores em estudo na produção de RSU.

4

CONCLUSÕES

A utilização do modelo “LCA-IVW Prognostic Tool” para o caso LIPOR permitiu estimar a produção de resíduos sólidos urbanos para 2016, tendo como ano base o ano de 2006. Os resultados obtidos são apresentados em termos do valor total estimado para os RSU e também por tipo de fluxo. Para além da estimativa do valor de produção de RSU são retiradas conclusões por confronto da estimativa calculada pelo modelo com as metas existentes na legislação para as diferentes vias de reciclagem e valorização de cada um dos tipos de resíduos considerados e com os valores de previsão para 2016 registados no plano estratégico da LIPOR. É ainda possível concluir sobre a influência dos indicadores sócio económicos utilizados no modelo e sobre as medidas de redução da produção incluídas no modelo quando aplicadas individualmente ou em combinação.

No que diz respeito à produção dos RSU conclui-se que a tendência é o seu aumento, atingindo o valor de aproximadamente 600.000 toneladas em 2016, que corresponde a um aumento de cerca de 11% em relação à situação actual (2008) e 17% em relação ao valor estimado no Plano Estratégico da LIPOR para 2016. Verifica-se que os resíduos orgânicos continuam a deter a maior fatia da produção total, (39%), seguidos do Papel/Cartão com um valor igual a 20%.

Relativamente à situação da zona em estudo em relação à legislação existente conclui-se que o maior problema é o cumprimento das taxas de reciclagem impostas, que para serem atingidas é necessário que os fluxos de materiais recicláveis aumentem e que a sua quantidade nos indiferenciados diminua, sendo este um dos grandes desafios. Para que em 2016 as taxas de recolha de materiais recicláveis sejam cumpridas é necessário que a reciclagem de Papel/Cartão aumente 50%, o Vidro 12% e o Plástico/Compósitos 72%, em relação à situação actual. Por outro lado, a deposição da fracção orgânica em aterro regista valores inferiores aos limites fixados na legislação. Isto deve-se ao facto de estes fluxos são enviados na sua grande maioria para a instalação de incineração da LIPOR. Em relação aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos, tendo a LIPOR iniciado a sua recolha e reutilização apenas em 2007, é ainda difícil tirar conclusões.

Importante conclusão no estudo indica que os factores sócio económicos, considerados no modelo e usados na simulação, com maior influência na produção dos RSU são o Produto Interno Bruto e as Taxas de Mortalidade Infantil, nacional e urbana. Estes são os indicadores sócio económicos que causam maior variação nos valores da produção de RSU. Os resultados indicam que a variação do valor do PIB poderá causar um aumento na produção até 60% em relação à *Projecção Base*. Por outro

lado, a taxa de mortalidade infantil poderá causar uma diminuição de 40% em relação à *Projecção Base*.

Um factor relevante é a aplicação das medidas de redução da produção. Na análise efectuada conclui-se que a conjugação de várias medidas não afecta significativamente a produção de RSU. Contudo a medida que demonstrou ter, comparativamente, uma maior influência individualmente foi a *Sensibilização*. Esta medida reflecte-se nos hábitos de consumo das populações conseguindo ser mais abrangente e podendo conduzir a uma diminuição de cerca de 5% na produção total de RSU. A análise das medidas combinadas permite concluir que a combinação de todas as medidas com a taxa de aplicação máxima conduz a uma redução de 14% em relação à *Projecção Base* e a combinação de todas as medidas com a taxa de aplicação máxima definida pela LIPOR conduz a uma redução de 6% em relação à *Projecção Base*.

Uma das principais limitações do uso do modelo reside no facto de a formulação matemática usada no modelo não estar disponível, bem como as considerações tomadas na definição de alguns indicadores sócio económicos. Este facto reduz a possibilidade de serem aqui explicados em detalhe alguns dos resultados obtidos. No entanto, foram também identificadas algumas limitações do modelo e outras associadas com a sua utilização no âmbito do trabalho apresentado. Uma limitação do modelo é o facto da apresentação dos resultados para cada tipo de fluxo em análise ser apenas disponível para o ano sujeito à avaliação (no caso presente 2016), não sendo possível verificar a evolução para os anos compreendidos entre o ano inicial, que reflecte a situação presente e o ano de previsão. Este facto poderá impossibilitar o conhecimento mais aprofundado da evolução da produção, o que poderia tornar-se útil no apoio à gestão dos RSU. Outra limitação importante diz respeito às medidas de redução da produção. O modelo define algumas medidas, cabendo ao utilizador apenas definir as taxas de aplicação das mesmas, não sendo possível introduzir novas medidas, ficando o estudo assim limitado às presentes no modelo. Foram também encontradas algumas dificuldades relacionadas com os dados requeridos pelo modelo. Alguns indicadores sócio económicos para os anos futuros não estão disponíveis para o público geral, nomeadamente os referentes a 2016, sendo portanto utilizados os valores definidos por defeito pelo modelo. Por último outra limitação diz respeito à impossibilidade de comparação com outros resultados de outros modelos ou do mesmo para outras cidades, uma vez que não foram encontrados resultados susceptíveis de comparação.

Por fim realça-se que a grande conclusão a retirar incide sobre as medidas correntes para a redução de RSU. Verifica-se que a diminuição significativa da produção de resíduos sólidos urbanos requer práticas distintas das usadas correntemente uma vez que se conclui que as medidas estudadas não são suficientes para atingir as metas estabelecidas na legislação vigente ou que por outro lado esta legislação é muito restritiva.

5

PERSPECTIVAS PARA TRABALHOS FUTUROS

São aqui sugeridos alguns trabalhos que poderão completar a análise realizada e permitir explorar futuramente mais extensivamente o modelo usado.

Uma maior exploração do modelo seria realizada através da combinação dos vários indicadores sócio económicos e das medidas preventivas, com o objectivo de explorar a influência de cada um deles na produção dos resíduos sólidos urbanos, sendo assim possível melhorar a precisão dos resultados. Por exemplo, seria interessante estudar mais profundamente a influência dos indicadores sócio económicos esperança média de vida, tamanho médio do agregado e população activa, uma vez que foram aqueles que individualmente não demonstraram influência no nosso estudo. A sua combinação com outros poderia conduzir a conclusões mais precisas.

Poderia ainda tornar-se interessante estender o estudo a outros países da Europa, possibilitando a comparação com Portugal, mais especificamente a zona de abrangência da LIPOR.

No caso em estudo, seria interessante avaliar algumas medidas que não são abrangidas pelo modelo e que poderiam dar informação relevante sobre a sua aplicação. Aqui refere-se especificamente a implementação do sistema *Pay As You Throw*, que será brevemente implementado numa zona de influência da LIPOR e que seria de grande interesse analisar o seu efeito na produção de RSU. Contudo seria um passo complicado, uma vez que o modelo não permite a introdução de novas medidas.

A análise efectuada poderá ser estendida futuramente à avaliação dos sistemas de gestão recorrendo ao uso da ferramenta *Municipal Solid Waste Management System Assessment Tool*, que faz parte do modelo utilizado, e que permitiria planear e avaliar as estratégias de gestão definidas para os resíduos sólidos urbanos na LIPOR, que no seguimento do estudo aqui realizado poderia dar uma contribuição interessante.

Outros aspectos poderiam ainda incluir o estudo pormenorizado do fluxo dos indiferenciados, incluindo a sua origem, composição e situação na Europa, uma vez que é um dos fluxos com mais importância, de modo a que se encontrassem as soluções mais eficientes para a sua gestão. Contudo é de referir que este não seria um estudo directamente relacionado com o apresentado, mas sim um tema importante no universo dos resíduos sólidos urbanos.

BIBLIOGRAFIA

- [1] PERSU II – Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos, 2007 – 2016, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, 2007.
- [2] LIPOR, *Plano Estratégico LIPOR 2007-2016*, editado em 2006.
- [3] BOER, Emilia den, BOER, Jan den, JAGER, Johannes – *Handbook for Municipal Waste prognosis and sustainability assessment of waste management systems*, Stuttgart, 2005.
- [4] BEIGL Peter, WASSERMANN G., SCHNEIDER F., SALHOFER S. - *Forecasting Municipal Solid Waste Generation in Major European Cities*, Institute of Waste Management, Áustria.
- [5] DYSON Brian, CHANG Ni-Bin - *Forecasting municipal solid waste generation in a fast-growing urban region with system dynamics modelling*, Department of Environmental Engineering, Texas, 2005.
- [6] LEVY, João de Quinhones, CABEÇAS, Artur João – *Resíduos Sólidos Urbanos, Princípios e Processos*, 2006, Associação das Empresas Portuguesas para o Sector do Ambiente.
- [7] www.lipor.pt, “LIPOR - Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto”, acedido em Março, Maio e Junho 2009.
- [8] CARVALHO, Ana Bela, ARAÚJO, Rita, SIMÕES, Nuno, LÚCIO, Hélder - *Relatório Final da Campanha de Caracterização dos RSU (recolha indiferenciada) da LIPOR – Ano 2008*.
- [9] DECRETO-LEI nº 152/2002. "D. R. Série A" 119 (23-05-02), Directiva Aterros, 2002.
- [10] DECRETO-LEI nº 92/2006. "D. R. Série A" 101 (25-05-06), Directiva Embalagens Portuguesa, 2006.
- [11] DIRECTIVA 2004/12/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 11 de Fevereiro de 2004, Directiva Embalagens Europeia.
- [12] DECRETO-LEI nº 230/2004. "D. R. Série A" 288 (10-12-04), Gestão de resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos, 2004.
- [13] www.ine.pt, “INE – Instituto Nacional de Estatística”, acedido em Abril e Maio 2009.
- [14] KLOEK Wim, BLUMENTHAL Karin, Eurostat Statistics in Focus, *Generation and treatment of waste*, 2009, disponível em www.epp.eurostat.ec.europa.eu .
- [15] BEIGL Peter, LEBERSORGER Sandra, SALHOFER Stefan - *Modelling municipal solid waste generation: A review*, Institute of Waste Management, Áustria, 2007.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- Agência Portuguesa do Ambiente, *Caracterização da Situação dos Resíduos Urbanos em Portugal Continental em 2006*, Setembro 2008.
- Agência Portuguesa do Ambiente, *Dossier de prevenção (redução) de Resíduos, Nível mais avançado*, Amadora 2008.

- Comissão Europeia, Direcção Geral do Ambiente, *A EU e a Gestão dos Resíduos*, Luxemburgo 2000.
- DECRETO-LEI nº 178/2006. "D. R. 1ª Série" 171 (05-09-06), Regime Jurídico da Gestão de Resíduos, 2006.
- Instituto Nacional de Estatística, *Projecções de População Residente em Portugal, 2008-2060*, Lisboa 2009.
- LIPOR, *Relatório Geral Semana da Prevenção*, 2008.
- Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Instituto dos Resíduos, *Plano de Intervenção de Resíduos Sólidos Urbanos e Equiparados*, Lisboa 2005.
- Office for official Publications of the European Communities, *Energy, transport and environment indicators*, 2006, disponível em www.epp.eurostat.ec.europa.eu.
- www.apa.pt, Agência Portuguesa do Ambiente, acedido em Maio 2009.
- www.acrplus.org, "Association of Cities and Regions for Recycling and Sustainable Resource Management", acedido em Maio 2009.
- www.camarasverdes.pt, acedido em Junho 2009.
- www.confagri.pt/Ambiente, acedido em Junho 2009.
- www.eea.europa.eu, "European Environmental Agency", acedido em Maio 2009.
- www.epp.eurostat.ec.europa.eu, acedido em Junho 2009.
- www.europa.eu, acedido em Junho 2009.

ANEXOS

ANEXO A – IMAGENS DO MODELO “LCA - IWM PROGNOSTIC TOOL”

Forecasting Municipal Solid Waste Generation in European Cities

LCA IWM

General information

Name of the City: Grande Porto

Name of the Country: Portugal

Number of city residents: 972 Thousands

Reference year: 2006

Assessment year: 2016

Info Reset all inputs Load a file Next Help

A1 – Primeiro input do modelo, com identificação do local, população, ano base e ano em avaliação.

Forecasting Municipal Solid Waste Generation in European Cities

LCA IWM

MSW collection quantities in the City of Grande Porto in the year 2006

Waste fraction	Collected quantity	Kg/cap/yr
Residual waste / Mixed waste	445935 tons/year	458.8
Paper and cardboard	17310 tons/year	17.8
Glass	16529 tons/year	17.0
Metals	2456 tons/year	2.5
Plastics and composites	2663 tons/year	2.7
Bio-Waste	10045 tons/year	10.3
Garden waste	14773 tons/year	15.2
Bulky waste(separately collected)	0 tons/year	0
Hazardous waste	5039 tons/year	5.2
Waste electric and electronic equipment	630 tons/year	0.6
Total municipal solid waste	515380 tons/year	530.2

Save Back Next Help

A2 – Quantidades de resíduos sólidos urbanos recolhidas na área em estudo em 2006.

Forecasting Municipal Solid Waste Generation in European Cities

LCA IWM **Residual waste composition in the City of Grande Porto in the year 2006**

Waste fraction	Percent by weight	
Paper and cardboard	18.5	Mass-%
Glass	4.6	Mass-%
Metals	1.5	Mass-%
Plastics and composites	18.2	Mass-%
Organic waste	41.5	Mass-%
Hazardous waste	1.1	Mass-%
Other materials	14.6	Mass-%
Total	100.0	Mass-%

Composition of organic waste within residual waste

Bio-waste	83.0	Mass-%
Garden waste	17.0	Mass-%
Total	100.0	Mass-%

Save Back Next Help

A3 – Composição dos resíduos indiferenciados na área em estudo em 2006.

Forecasting Municipal Solid Waste Generation in European Cities

LCA IWM **Socio-economic conditions in the City of Grande Porto**

Urban indicators

Indicator	Value		Reference year
Population aged 15 to 59 years	69.0	% of total population	2006
Average household size	2.80	Persons per household	2006
Urban infant mortality rate	3.3	Per 1,000 births	2006
Urban life expectancy	78.8	Years	2006

National indicators

Indicator	Value		Reference year
Gross domestic product per capita	19000	USD PPP at 1995 prices	2006
National infant mortality rate	3.3	Per 1,000 births	2006
Labour force in agriculture	10.5*	% of total labour force	2006

* FAO (2004)

Save Back Next Help

A4 – Indicadores sócio económicos na área em estudo em 2006.

Forecasting Municipal Solid Waste Generation in European Cities

LCA IWM

Socio-economic trends in the City of Grande Porto

Urban indicator

Indicator	Projected value	Reference year
City population	968 Thousands	2016
Population aged 15 to 59 years	67.6* % of total population	2016
Average household size	2.63* Persons per household	2016
Urban infant mortality rate	2.6* Per 1.000 births	2016
Urban life expectancy	80.2* Years	2016

** National projection (UNECE, 2004)*
** National projection (UN-Habitat, 2004)*
** National projection (UN-ESA, 2003)*
** National projection (UN-ESA, 2003)*

National indicators

Indicator	Projected value	Reference year
Projected growth rate of per-capita GDP	2.3* % per year	2016
National infant mortality rate	2.6* Per 1.000 births	2016
Labour force in agriculture	7.0* % of total labour force	2016

** Projection of EU (2004), World Bank (2004)*
** Projection of UN-ESA (2003)*
** Projection of FAO (2004)*

Save Back Next Help

A5 – Indicadores sócio económicos na área em estudo em 2016.

Forecasting Municipal Solid Waste Generation in European Cities

LCA IWM

Waste prevention measures on municipal level

☐ Are there waste prevention measures planned to be implemented by the municipality?

Planned implementation period from 2010 to 2014

Public measures

Measure	Implementation rate	Planned potential	Maximum potential
Mailbox stickers "No junk mail"	0 % of citizens	0 kg/cap/yr	9.8 kg/cap/yr
Promotion of repair services	0 % of citizens	0 kg/cap/yr	7.0 kg/cap/yr
Promotion of reusable goods	0 % of citizens	0 kg/cap/yr	0.6 kg/cap/yr
Promotion of hire services	0 % of citizens	0 kg/cap/yr	0.2 kg/cap/yr
Promotion of nappy services	0 % of citizens	0 kg/cap/yr	1.5 kg/cap/yr
Intensified public relations (max. 20% implementable)	0 % of citizens	0 kg/cap/yr	26.5 kg/cap/yr
Promotion of do-it-yourself composting	0 % of citizens	0 kg/cap/yr	24.1 kg/cap/yr

Internal measures

Measure	Implementation rate	Planned potential	Maximum potential
Internal decree - reusable material	0 %	0 kg/cap/yr	0.5 kg/cap/yr
Internal decree - double-sided use of paper	0 %	0 kg/cap/yr	0.6 kg/cap/yr
Internal decree - reusable towels	0 %	0 kg/cap/yr	0.2 kg/cap/yr

Approximate prevention potential 0 kg/cap/yr 71.0 kg/cap/yr

Save Back Next Help

A6 – Medidas de redução da produção.

Forecasting Municipal Solid Waste Generation in European Cities

LCA IWM **Planned separate collection performance in the City of Grande Porto**

Collection rate (%)

Waste fraction	Actual (2006)	Planned (2016)
Paper and cardboard	17%	60
Glass	45%	60
Metals	27%	50
Plastics and composites	3%	23
Organic waste	12%	12
Hazardous waste	51%	51*
WEEE	6%	6*

* Constant collection rate

* Constant collection rate

Save Back Next Help

A7 – Taxas de recolha selectiva em 2006 e previstas para 2016, na área em estudo.

Forecasting Municipal Solid Waste Generation in European Cities

LCA IWM **MSW generation forecast for the City of Grande Porto**

Waste fraction	Reference year 2006			Assessment year 2016			Avg. change per year (2006 - 2016)	
	Tons/yr	Kg/cap/yr	Mass-%	Tons/yr	Kg/cap/yr	Mass-%	Tons/yr	Kg/cap/yr
Paper and cardboard	99800	103	19.4	122600	127	20.4	2.1%	2.1%
Glass	37000	38	7.2	43100	45	7.2	1.5%	1.6%
Metals	9100	9	1.8	9800	10	1.6	0.7%	0.8%
Plastics and composites	83800	86	16.3	99800	103	16.6	1.8%	1.8%
Organic waste	209900	216	40.7	236600	244	39.4	1.2%	1.2%
thereof Bio-waste	174200	179	33.8	196400	203	32.7	1.2%	1.2%
thereof Garden waste	35700	37	6.9	40200	42	6.7	1.2%	1.2%
Hazardous waste	9900	10	1.9	11600	12	1.9	1.5%	1.6%
WEEE	10300	11	2.0	12000	12	2.0	1.5%	1.6%
Other (non-bulky) materials	55400	57	10.8	64300	66	10.7	1.5%	1.5%
Bulky Waste	0	0	0	0	0	0	0.0%	0.0%
Municipal solid waste	515400	530	100.0	599800	620	100.0	1.5%	1.6%

Back Next Save as .csv file Show graphics Help

A8 – Quantidade de RSU produzidos em 2016 na área em estudo.

Forecasting Municipal Solid Waste Generation in European Cities

LCA IWM

MSW collection scenarios for the City of Grande Porto

Waste fraction	Reference year 2006		Assessment year (2016) Steady collection rates		Assessment year (2016) Achieving target rates	
	Tons/yr	Kg/cap/yr	Tons/yr	Kg/cap/yr	Tons/yr	Kg/cap/yr
Paper and cardboard	17300	18	21300	22	73600	76
Glass	16500	17	19200	20	25900	27
Metals	2500	3	2600	3	4900	5
Plastics and composites	2700	3	3200	3	22400	23
Organic waste	24800	26	28000	29	28400	29
Hazardous waste	5000	5	5900	6	5900	6
WEEE	600	1	700	1	700	1
Residual waste	445900	459	518900	536	438000	452
Bulky Waste	0	0	0	0	0	0
Municipal solid waste	515400	530	599800	620	599800	620

Back Next Save as .csv file Show graphics Help

A9 – Cenários de recolha selectiva em 2016 na ara em estudo.

Forecasting Municipal Solid Waste Generation in European Cities

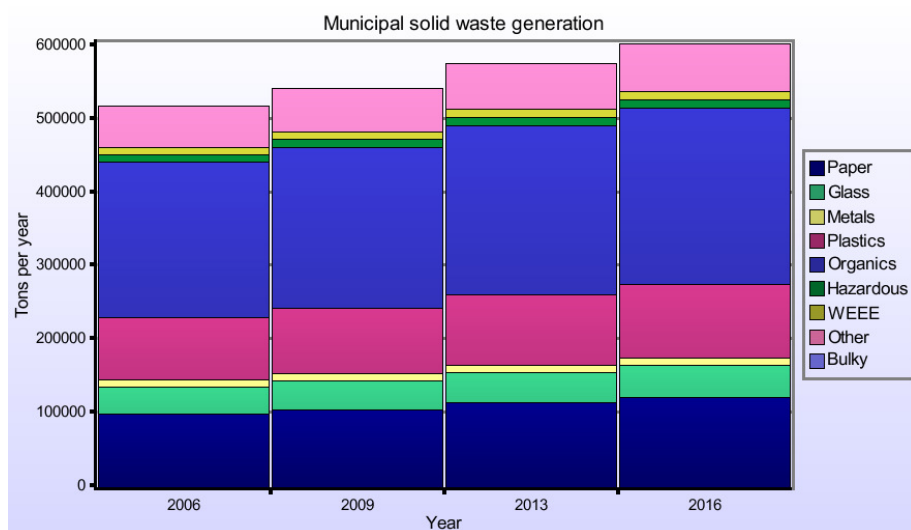
LCA IWM

Planned MSW collection streams in the City of Grande Porto

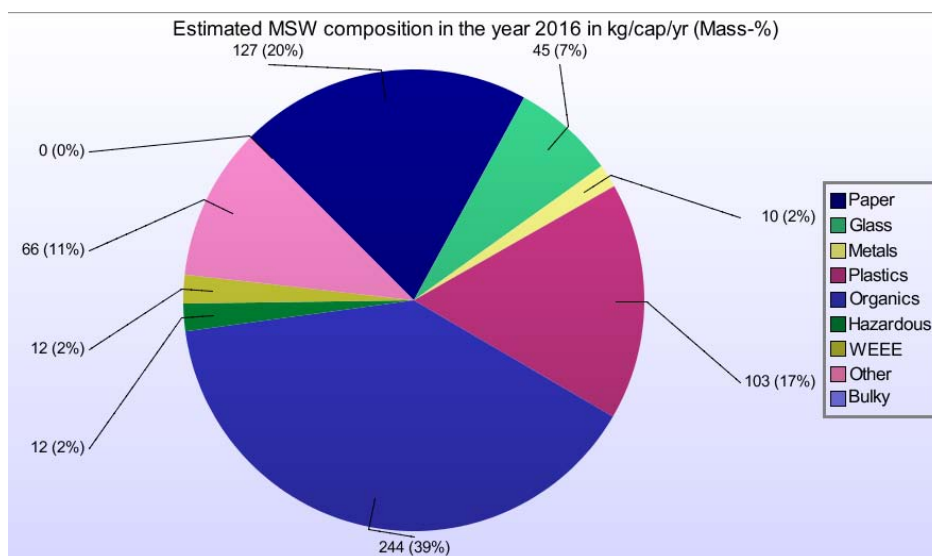
Waste fraction	Reference year 2006			Assessment year 2016			Total change 2006 - 2016	
	Tons/yr	Kg/cap/yr	Mass-%	Tons/yr	Kg/cap/yr	Mass-%	Tons/yr	Kg/cap/yr
Paper and cardboard	17300	18	3.4	73600	76	12.3	+56300	+58
Glass	16500	17	3.2	25900	27	4.3	+9300	+10
Metals	2500	3	0.5	4900	5	0.8	+2500	+3
Plastics and composites	2700	3	0.5	22400	23	3.7	+19800	+20
Organic waste	24800	26	4.8	28400	29	4.7	+3600	+4
Hazardous waste	5000	5	1.0	5900	6	1.0	+800	+1
WEEE	600	1	0.1	700	1	0.1	+100	+0
Residual waste	445900	459	86.5	438000	452	73.0	-8000	-6
Bulky Waste	0	0	0	0	0	0	+0	+0
Municipal solid waste	515400	530	100.0	599800	620	100.0	+84400	+89

Back Save as .csv file Show graphics Help

A10 – Variação da recolha selectiva entre 2006 e 2016 atingindo os valores impostos.



A11 – Evolução da produção de RSU entre 2006 e 2016.



A12 – Composição média dos RSU estimada para 2016.